வாணியல்

ரா. அணுமந்தராவ்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண் — 493

வானியல்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(...ருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

ரா. அனுமந்தராவ், எம்.ஏ.,

கணிதப் பேராசிரியர்,

பூ. சா. கோ. கலைக் கல்லூரி,

கோயம்புத்தூர்.



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—August, 1973

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 493

ASTRONOMY

R. HANUMANTHA RAO

Price Rs. 11-80

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.'

Printed by
KUMARAN PRESS,
298, Mint Street,
Madras-1.

அணிந்துரை

திரு., இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதின்மூன்றாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'வானியல்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 493ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 528 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே முழைன்னயின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

வானியல்

1. கோளக் கோண கணிதம்

(Spherical Trigonometry)

1. முன்னுரை

ஞாயிறு, திங்கள், கோள்கள், விண்மீன்கள், மற்றும் எல்லா வானப் பொருட்களும் ஒரு பெருங் கோளத்தின் புறப்பரப்பில் இயங்குவதாகத் தோன்றுகிறது. இவ்வானப் பொருட்களின் இயக்கங்களை அறிவதே 'வானியல்' நூலின் குறிக்கோளாகும். இவற்றை ஆராயக் கோளத்தின் சில பண்புகளைத் தெரிந்து கொள்வது இன்றியமையாததாகும்.

2. கோளம் SPHERE)

ஒரு நிலையான புள்ளியிலிருந்து மாறாத தொலைவில் அமையும் புள்ளிக் கூட்டம் நிலைத்த புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு வெளியில் நகர்கையில் ஏற்படும் கன உருவத்தின் மேற்பரப்பைக் 'கோளம்' என்றும், அந்நிலையான புள்ளியைக் 'கோளத்தின் மைய' மென்றும், அம் மாறாத தொலைவைக் 'கோளத்தின் ஆரம்' என்றும் வரையறுத்துள்ளனர்.

3. கோளத்தின் வெட்டு முகம் (Section of a sphere)

ஒரு கோளத்தை ஒரு சம தளத்தால் வெட்டுகையில் ஏற்படும் வெட்டு முகம் ஒரு வட்டமாகும்.

படம் 1-ல் O என்பது கோளத்தின் வெட்டு மையமாகும். 'r' அதன் ஆரமாகும். AB அதன் வெட்டு முகமாகட்டும். P என்பது வெட்டுமுகத்தின் ஏதாவது ஒரு புள்ளியாகட்டும்.

$\therefore$ $OP = r$. ON என்பது O-லிருந்து தளத்திற்குப் போடப்பட்ட செங்குத்துக் கோடாகட்டும். N, ஒரு நிலையான புள்ளி என்று எளிதில் காணலாம்.

ஆகவே,

$$ON = \text{மாருத தொலைவு,}$$

$$\therefore \; NP^2 = OP^2 - ON^2$$

$$NP = \sqrt{OP^2 - ON^2}$$

$$= \sqrt{r^2 - ON^2}$$

$$= \text{மாறிலி.}$$

படம் 1.

ஆகவே. P-ன் நியமப் பாதை ஒரு வட்டமாகும். ஆதலால், ஒரு கோளத்தை ஒரு சமதளத்தால் வெட்டினால் ஏற்படும் வெட்டு முகம் வட்டமாகும்.

4. பெரு வட்டங்களும் சிறு வட்டங்களும் (Great circles and Small circles)

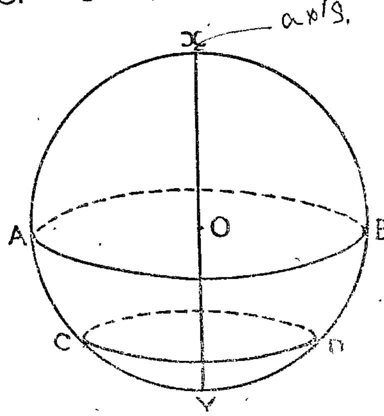
கோள மையத்தின் வழியாகச் செல்லும் தளம் கோளத்தை வெட்டினால் ஏற்படும் வெட்டு முகம் ஒரு 'பெருவட்ட'மெனப்படும் (great circle). கோளத்தை வெட்டும் தளம் மையத்தின் வழியாகச் செல்லாவிடில், வெட்டு முகம் ஒரு 'சிறு வட்ட'மெனப் படும் (small circle).

படம் 2.

படம் 2-ல் AB என்பது ஒரு பெரு வட்டமாகும். CD என்பது ஒரு சிறு வட்டமாகும்.

5. வட்டத்தின் அச்சும், அச்சு முனைகளும் (Axis and Poles of a circle)

வெட்டுமுக வட்டத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக செல்லும் கோளத்தின் விட்டத்தை 'அச்சு' என்றும், அவ் விட்டத்தின் முனைகளை 'அச்சு முனைகள்' என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். படம் 3-ல், XY, AB வட்டத்தின் அச்சு. X, Y ஆகிய புள்ளிகள், AB வட்டத்தின் அச்சு முனைகள். அச்சு முனைகளைத் 'துருவங்கள்' (poles) என்றும் குறிப்பிடுகிறோம்.



படம் 3.

இணையான வெட்டுமுக வட்டங்களுக்கு அச்சும், அச்சு முனைகளும் பொதுவானவை.

5·1. பெரு வட்டம், சிறு வட்டம் - இவைகளைப்பற்றிய சில குறிப்புகள்

(1) பெரு வட்டம், சிறு வட்டம் - இவை யாவற்றிற்கும் அச்சுகள் உண்டு. இரண்டு துருவங்கள் உண்டு. வட்டங்கள் இணையாக இருப்பின், அவற்றின் அச்சும் துருவங்களும் பொதுவானவையாகும்.

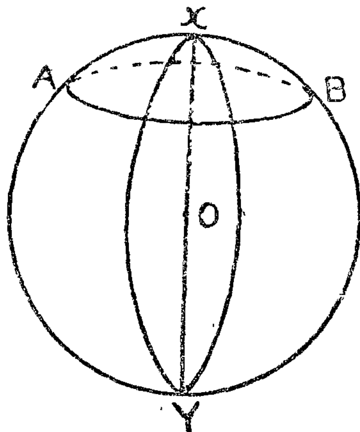
(2) பெரு வட்டத்தின் ஆரம், கோளத்தின் ஆரத்திற்குச் சமம். சிறு வட்டத்தின் ஆரம் கோளத்தின் ஆரத்தை விடச் சிறியதாகும்.

(3) இரு பெரு வட்டங்கள் ஒன்றையொன்று சம பாகங்களாக வெட்டிக்கொள்ளும்.

(4) ஒரு கோளத்தின் எல்லாப் பெரு வட்டங்களும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கும்.

6. துணைக்குத்து வட்டங்கள் (Secondaries)

ஒரு பெரு வட்டத்தின் அச்சு முனைகள் வழியாகச் செல்லும் எல்லாப் பெரு வட்டங்களையும் முன் கூறப்பட்ட பெரு வட்டத்தின் துணைக்குத்து வட்டங்கள் (secondary circles or secondaries) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். முன் கூறப்பட்ட பெரு வட்டத்தை இவற்றின் 'முதனிலை வட்டம்' (primary) எனக் கூறுவோம்.

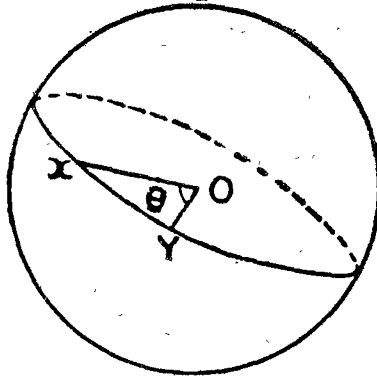


படம் 4.

படம் 4-ல், AB ஒரு சிறு வட்டம். X, Y, AB-ன் அச்சு முனைகள். X, Y புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் பெரு வட்டம், AB-ன் துணைக்குத்து வட்டமாகும். AB என்ற வட்டம், XY என்ற பெரு வட்டத்தின் 'முதனிலை' வட்டமாகும்.

7. கோணத் தொலைவு (Angular distance)

கோளத்தின் மேலுள்ள இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவை நீட்டலளவையில் (linear measure) காணாமல், கோண அளவையில் (angular measure) காண்பது மரபாகும். ஒரு கோளத்தின் மேலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு அவ்விரு புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் பெரு வட்டத்தின் சிறுவில், அக்கோளத்தின் மையத்தில் எதிர்கொள்ளும் கோணத்திற்குச் சமம் என்பது வரையறை. இக் கோண அளவை பாகையிலோ, ஆரையன் அளவிலோ (radian measure) அளிக்கலாம். இந்த அளவையை அவ்விரு புள்ளிகட்கிடையே உள்ள 'கோணத் தொலைவு' (angular distance) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.



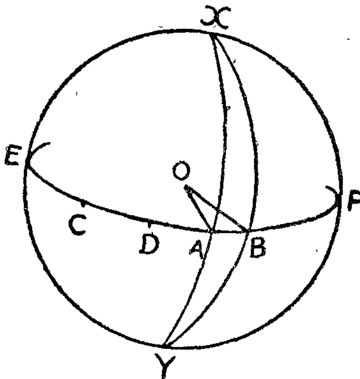
படம் 5.

படம் 5-ல் X, Y கோளத்தின் மேலுள்ள இரு புள்ளிகள். அவைகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு சிறுவில் XY, கோள மையம் O-ல் எதிர் கொள்ளும் கோணம் $X\hat{O}Y$-க்குச் சமமாகும்.

8. இரு பெரு வட்டங்களுக்கிடையே உள்ள கோணம் (Angle between two great circles).

இரு பெரு வட்டங்களுக்கு இடையே உள்ள கோணம் அவ்விரு பெரு வட்டங்களைத் துணைக்குத்து வட்டங்களாக உடைய முதனிலைப் பெரு வட்டத்தின்மேல் அவைகளால் துண்டிக்கப்பட்ட வில்லின் நீளத்திற்குச் சமமாகும்.

மேலும், அவ்விரு பெரு வட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணம் அவ்விரு பெரு வட்டங்களின் துருவங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவிற்குச் சமம்.



படம் 6.

படம் 6-ல் X, Y இரு பெரு வட்டங்களின் வெட்டுப்புள்ளிகள். அவ்விரு பெரு வட்டங்களும் EF எனும் பெரு வட்டத்தின் துணைக்குத்து வட்டங்கள். EF அவைகளின் முதனிலை விட்டம். C, D அவ்விரு பெரு வட்டங்களின் துருவங்கள். AB என்ற வில், அவ்விரு பெரு வட்டங்களைத் துணைக்குத்து வட்டங்களாகவுடைய முதனிலைப் பெரு வட்டத்தின் மேல் அவைகளால் துண்டிக்கப்பட்டுள்ளது.

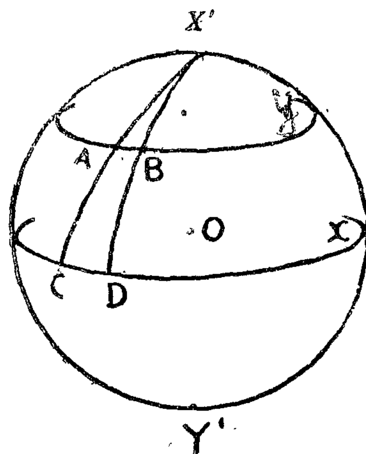
இரு பெரு வட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணம்

$$= \text{வில் } AB$$

$$= \widehat{AOB}$$

$$= \text{வில் } CD.$$

9 ஒரு சிறு வட்டத்தில் அமையும் சிறுவில்லின் நீளம் (Length of the smaller arc of the small circle).



படம் 7.

படம் 7-ல் Y ஒரு சிறு வட்டம்; X, Y-க்கு இணையாக உள்ள பெரு வட்டம். X', Y' ஆகியவை X-ன் துருவங்கள். AB சிறு வட்டத்தின் வில். $X'AC$, $X'BD$ என்பவை பெரு வட்டம் X-ன் துணைக்குத்து வட்டங்கள். அவை Xஐ முறையே, C, D-ல் வெட்டுகின்றன.

$$\text{இங்கு} \quad AB = CD \cos AC$$

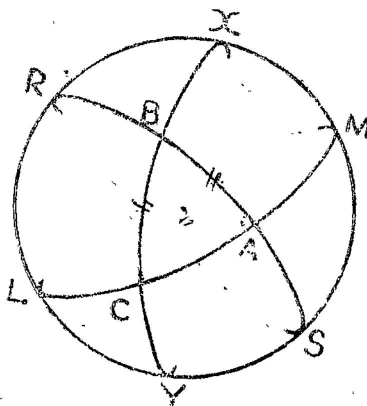
$$= CD \sin X'A$$

$X'A$ சிறு வட்டத்தின் "கோண ஆரை" (angular radius) எனப்படும்.

வாய்பாடு :

சிறு வட்டத்தின் வில்லின் நீளம்

= அதற்கிணையாக உள்ள பெருவட்ட வில்லின் நீளம் × அவ்விரு வட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவின் கொசைன்.



படம் 8.

10. கோள முக்கோணம் (Spherical triangle)

படம் 8-ல், XY, LM, RS என்ற மூன்று பெரு வட்டங்களை வரைந்துள்ளோம். அவை ஒன்றையொன்று முறையே A, B, C-ல் வெட்டிக் கொள்கின்றன. முக்கோணம் ABC ஐக் கோள முக்கோணம் (spherical triangle) என்று அழைக்கிறோம். கோள முக்கோணத்திற்கும் ஆறு உறுப்புகள் உள்ளன. மூன்று பக்கங்களையும், மூன்று கோணங்களையும் தான் உறுப்புகள் எனச் சொல்கிறோம். அவை யாவும் கோண அளவுகளில்தாம் அளவிடப்படுகின்றன.

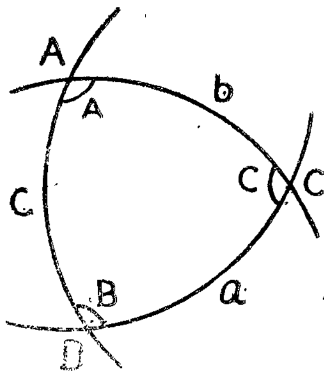
11. கோள முக்கோணத்தின் சில பண்புகள் (Some properties of spherical triangles)

(i) இரண்டு சமமான பக்கங்களுக்கு எதிரேயுள்ள கோணங்கள் சமம்.

(ii) இரண்டு பக்கங்களின் கூடுதல் மூன்றுவது பக்கத்தை விட அதிகமாகும். இரண்டு பக்களின் வேறுபாடு மூன்றுவது பக்கத்தை விடக் குறைவாகும்.

(iii) கோள முக்கோணத்தின் மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத் தொகை இரண்டு செங்கோணங்களைக் காட்டிலும் அதிகமாகும்.

12. கோள முக்கோணத்தைப் பற்றிய சில வாய்பாடுகள் (Some formulae in spherical trigonometry)



படம் 9.

படம் 9-ல், ABC கோள முக்கோணம். A, B, C கோள முக்கோணத்தின் மூன்று கோணங்கள். a, b, c என்பவை முறையே A, B, C என்ற கோணங்களுக்கு எதிரிலுள்ள பக்கங்களாகும்.

(i) சைன் வாய்பாடு (sine formula)

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

(ii) கொசைன் வாய்பாடு (cosine formula)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

'a' என்ற பக்கத்திற்குக் கொசைன் வாய்பாடு எழுதப்பட்டிருக்கிறது. இதேபோல் b, c என்ற பக்கங்களுக்கும் வாய்பாடுகள் எழுதலாம். எடுத்துக்காட்டாக,

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B.$$

(iii) அடுத்தடுத்துள்ள நான்கு உறுப்புகளைக் கொண்ட வாய்பாடு (Four parts formula). எடுத்துக் காட்டாக,

படம் 9-ல், b, $\hat{A}$, c, $\hat{B}$ ஆகிய உறுப்புகளை எடுத்துக் கொள்வோம். இவை நான்கும் அடுத்தடுத்த உறுப்புகள். 'c' என்பது உட்பக்கம். 'b' என்பது வெளிப்பக்கம். $\hat{A}$ என்பது உட்கோணம். $\hat{B}$ என்பது வெளிக்கோணம். வாய்பாடு என்னவென்றால்,

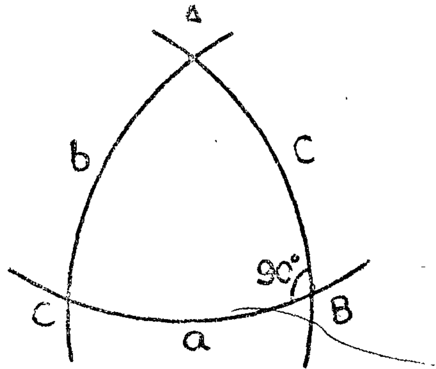
உட்பக்கத்தின் கொசைன் × உட்கோணத்தின் கொசைன்
= உட்பக்கத்தின் சைன் × வெளிப்பக்கத்தின் காட் − உட்கோணத்தின் சைன் × வெளிக் கோணத்தின் காட்.

cos (inner side) × cos (inner angle)
= sin (inner side) × cot (outer side)
− sin (inner angle) × (cot outer angle)

அதாவது, எடுத்துக்கொண்ட உறுப்புகளுக்கு

$$\cos c \ \cos A = \sin c \ \cot b - \sin A \ \cot B.$$

13. செங்கோணக் கோள முக்கோணத்தைத் தீர்க்கும் முறை
(Method for solving right angled spherical triangle)



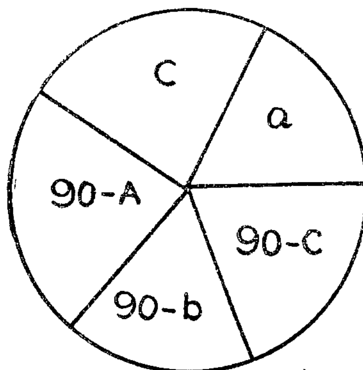
படம் 10.

படம் 10-ல், B ஒரு செங்கோணம். செங்கோணத்தை விட்டு விடவும். மற்ற இரு கோணங்களின் நிரப்புக் கோணங்களை (compliments) எடுத்துக் கொள்வோம்.

இங்கு. அவை $90-A$, $90-C$ ஆகும். கர்ணத்திற்கும் நிரப்புக் கோணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். அது $90-b$ ஆகும். மற்றப் பக்கங்களை அப்படியே எடுத்துக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது நம்மிடமுள்ள a, c, $90-A$, $90-b$, $90-C$ ஆகியவை நேப்பியர் உறுப்புகள் (Napier's parts) எனப்படும்.

ஒரு வட்டம் வரைந்து அதனை ஐந்து பாகங்களாகப் பிரிப்போம்.



படம் 11.

படம் 11-ல் குறிப்பிடப்பட்டபடி நேப்பியரின் ஐந்து உறுப்புகளை ஐந்து வட்டப் பகுதிகளில் முறையாகக் குறிப்பிடவும்.

எடுத்துக்காட்டாக 'a' என்ற பகுதியை எடுத்துக் கொண்டால் c-ம், $90-c$-ம் 'அடுத்துள்ள உறுப்புகள்' (adjacent parts), $90-A$-ம், $90-b$-ம் எதிர்ப்பக்க உறுப்புகள் (opposite parts) எனப்படும். a என்ற பகுதியை நடு உறுப்பு என்போம்.

இப்பொழுது, நடு உறுப்பின் சைன்

= அடுத்துள்ள உறுப்புகளின் டேன்களின் பெருக்கல்.

= எதிர்ப்பக்க உறுப்புகளின் கொசைன்களில் பெருக்கல்

Sine of middle part = Product of trangents of adjacents
= Product of cosines of opposites.

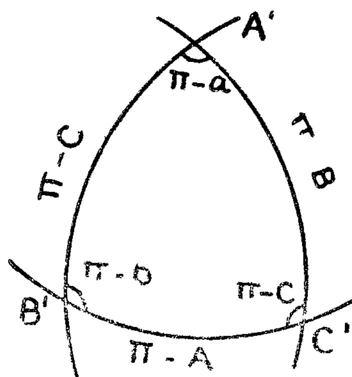
அதாவது,

$$\sin a = \tan c \tan (90-c)$$
$$= \cos (90-A) \cos (90-b).$$

இவ்வாய்பாட்டை, 'நேப்பியர்' என்பவர் கண்டுபிடித்ததால், இது 'நேப்பியர் வாய்பாடு' என்று அழைக்கப்படுகிறது.

14. துருவ முக்கோணங்கள் (Polar triangles)

படம் 12-ல் கோள முக்கோணம் ABC-ன் துருவ முக்கோணம் $A'B'C'$ வரையப்பட்டிருக்கிறது. கோள முக்கோணம் ABC-ல், BC, CA, AB ஆகிய பக்கங்கள் பெரு வட்டங்களின் விற்களாகும். BCஐத் தன்னிடத்தே கொண்டுள்ள பெரு வட்டத்திற்கு இரண்டு துருவங்கள் உள்ளன. Aஐத் தன்னிடத்திற் கொண்டுள்ள அரைக் கோணத்திலுள்ள துருவம் A' ஆக இருக்கட்டும். இவ்வாறே B', C' ஆகியவைகள் CA, AB ஆகிய விற்களை முறையே தங்களிடத்தே கொண்டுள்ள பெரு வட்டங்களின் துருவங்களாகும். A', B', C' ஆகிய புள்ளிகளை மூன்று பெரு வட்ட விற்களால் சேர்க்கவும். கோள முக்கோணம் $A'B'C'$ஐக் கோள முக்கோணம் ABC-ன் 'துருவ முக்கோணம்' என அழைக்கின்றோம்.



படம் 12.

முக்கோணம் $A'B'C'$-ன் உறுப்புகள், முக்கோணம் ABC-ன் உறுப்புகளின் மிகை நிரப்பிகளாகும்.

அதாவது,

$$a' = \pi - A;\quad b' = \pi - B;\quad c' = \pi - C.$$

$$A' = \pi - a;\quad B' = \pi - b;\quad C' = \pi - c.$$

ABCஐ மூல முக்கோணம் (primitive triangle) எனக் கூறுகிறோம். கோள முக்கோணம் $A'B'C'$-ன் துருவ முக்கோணம், கோள முக்கோணம் ABC ஆகும் என்பதை எளிதில் காணலாம்.

2. வானக் கோளம்

(Celestial Sphere)

15. வானக் கோளம்

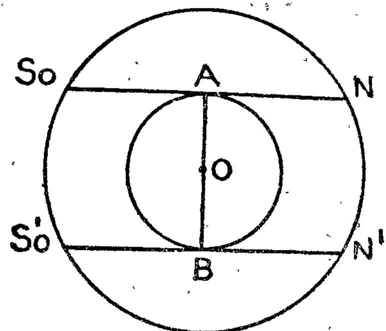
திங்களில்லாத, முகிற் கூட்டங்கள் வானத்தை மறைக்காத ஒரு நள்ளிரவில் வானத்தைப் பார்த்தால், ஒளிதரும் எண்ணற்ற விண்மீன்கள் அரைக்கோள வானக் கூரையில் நிலையாகப் பதிந்து கிடப்பதுபோல் தோற்றமளிக்கும். இக் கோளக்கூரை கற்பனையே யாகும். இக் கோளத்தின் ஆரை முடிவிலி ஆகும். இதன் மையம் பார்வையாளரின் இருப்பிடமாகும். இக் கோளத்தின் உட்புறத்தில், கணக்கிலடங்காத விண்மீன்களும், ஞாயிறும், திங்களும், மற்றக் கோள்களும் மையத்திலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களில் இருக்கின்றன. இவை யாவும் கோளத்தின் உட்புறத்தில் பதிந்து கிடப்பதாகத் தோன்றுவது வெறுந் தோற்றமாகும். இக் கோளத்தை 'வானக் கோளம்' என அழைக்கின்றோம். இக் கோளத்தின் கூரையில் ஞாயிறும், திங்களும் வட்டத் தகடுகளாகத் தோன்றுகின்றன.

வானக் கோளத்தின் ஆரை முடிவிலியாகும். புவியின் ஆரை 3960 மைல்களாக இருப்பினும், அதனை வானக் கோளத்தின் மையப் புள்ளியாகவே கருதுகிறோம். பார்வையாளர் புவியின் புறப்பரப்பில் எந்த இடத்தில் இருந்தாலும், அவர் வானக் கோளத்தின் மையத்தில் இருப்பதாகவே கருதலாம். புவியிலுள்ள ஒருவர் வானக் கோளத்தின் ஒரு பாதியைத்தான் பார்க்கக்கூடும் என்று கருதக்கூடாது. புவியின் மேற்பரப்பில் வெவ்வேறு இடங்களிலுள்ள பார்வையாளர்கள் வானக் கோளத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளைக் காண்பார்கள்.

16. வானத்தின் தொடுவானம் (Celestial Horizon)

படம் 13-ல், *O* என்ற புள்ளி வானக் கோளத்திற்கும், புவிக்கும் மையப் புள்ளியாகட்டும். *A*, *B* புவிக் கோளத்தின்

விட்டத்தின் எதிர்முனை இடங்கள் (antipodal places) ஆகட்டும். A-ல் புவிக் கோளத்திற்குத் தொடுதளம் (tangent plane) வரையப் படட்டும் அது வானக் கோளத்தை NS_0-ல் வெட்டட்டும். அதே போல B-ல் புவிக் கோளத்திற்குத் தொடுதளம் வரையப்படட்டும், அது வானக் கோளத்தை $N'S_0'$-ல் வெட்டட்டும். Aஐ இருப் பிடமாகக் கொண்ட பார்வையாளர் NS_0 வட்டத்திற்கு மேலுள்ள வானப் பொருட்களையும், Bஐ இருப்பிடமாகக் கொண்ட பார்வை யாளர் $N'S_0'$ வட்டத்திற்குக் கீழேயுள்ள வானப் பொருட்களையுமே காணமுடியும். பார்வையாளர் A காண்பதைப் பார்வையாளர் B



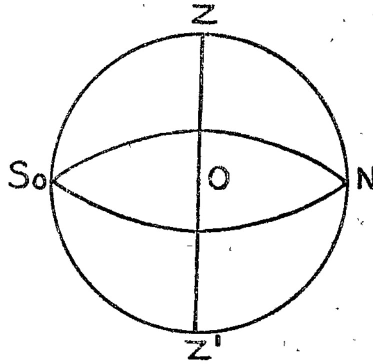
படம் 13.

காண முடியாது. ஆனால், புவிக்கோளத்தின் விட்டம் AB வானக் கோளத்தின் விட்டத்துடன் ஒப்பிநிலையில் மிக மிகச் சிறியதாகும். ஆகையால் வட்டம் NS_0-ம், வட்டம் $N'S_0'$-ம் ஒன்றன்மேல் ஒன்று படியும். ஆகவே, A-ல் வரையப்பட்ட தொடுதளம் வானக் கோளத்தை வட்டம் NS_0-ல் வெட்டுமாகில், NS_0 வட்டத்தை, A-ன் தொடுவானம், அல்லது புவியிலுள்ள A என்ற இடத்தின் (வானத்தின்) தொடுவானம் என்று குறிப்பிடு கிறோம். அதனால் வெவ்வேறு அடிவானங்களைப் பார்க்க நேரிடு கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் புவியின் மேற்பரப்பில் பல இடங்களிலுள்ள பார்வையாளர்கள் வெவ்வேறு வானப் பகுதி களைத்தான் காணமுடியும்.

17. வான நேநச்சிப் புள்ளியும் வான நேர் கீழ்ப் புள்ளியும் (Zenith and Nadir)

படம் 14-ல், O என்ற இடத்தின் தொடுவானம் NS_0 என்ற பெரு வட்டமாகட்டும். NS_0 என்ற கிடைத்தளத்திற்குச் செங்குத் தாக, O-ன் வழியாக ZOZ' என்ற வானக்கோள விட்டத்தை

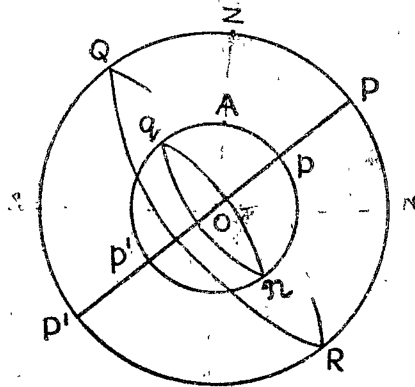
வரைந்தால், அது வானக் கோளத்தை Z, Z' என்ற புள்ளிகளில் வெட்டுகிறது. O-க்கு நேருச்சியில் உள்ள புள்ளி, Z ஐ, 'வான நேருச்சிப் புள்ளி' என்றும், O-க்கு நேர் கீழாக உள்ள புள்ளி, Z' ஐ



படம் 14.

'வான நேர் கீழ்ப் புள்ளி' என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். Z, Z' என்ற புள்ளிகள் தொடு வானத்தின் அச்சு முனைகள் என்பது குறிப்பிடத் தக்கது.

18. புவியின் நடுவரையும் புவியின் துருவங்களும் (Terrestrial equator and Terrestrial poles)



படம் 15.

படம் 15-ல் $p\ p'$ புவிக் கோளத்தின் விட்டம். $p\ p'$ ஐ அச்சாகக் கொண்டு புவி சுழல்கிறது. $p\ p'$ ஐ புவியின் சுழலச்சு

என்றும், p ஐப் புவியின் வட அச்சு முனை என்றும், p' ஐப் புவியின் தென் அச்சு முனை என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். p' புவியின் தென் துருவப் புள்ளி என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. p, p' ஐ அச்சு முனைகளாகக் கொண்ட புவிக் கோளத்தின் பெருவட்டம் qh ஆகும். இதைப் 'புவியின் நடுவரை (Terrestrial equator) என்கிறோம்.

19. வான நடுவரையும் வானத் துருவங்களும் (Celestrial equator and Celestrial poles)

படம் 15-ல், $p p'$ என்பது பூமியின் சுழலச்சு எனக் குறிப்பிட்டோம். இதனை இரு புறமும் நீட்டினால், இவ்வச்சு வானக் கோளத்தை P, P' என்ற புள்ளிகளில் வெட்டுகின்றது. P, P' ஐ வானத் துருவங்கள் (Celestial poles) என்றும், P ஐ வான வட துருவம் (Celestial north pole) என்றும், P' ஐ வானத் தென் துருவம் (Celestial south pole) என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். P, P' ஐ அச்சு முனைகளாகக் கொண்ட வானக் கோளத்தின் பெருவிட்டம் QR ஐ வான நடுவரை (Celestial equator) என்று அழைக்கின்றோம். புவியின் நடுவரைத் தளத்தை எல்லாப் பக்கங்களிலும் பரப்பினால், அத் தளம் வானக் கோளத்தை வெட்டும். அவ் வெட்டு முகம் ஒரு பெரு வட்டம் ஆகும். இவ் வட்டம் வான நடுவரை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

20. புவியுச்சி வட்டமும் வான உச்சி வட்டமும் (Terrestrial meridian and Celestial meridian)

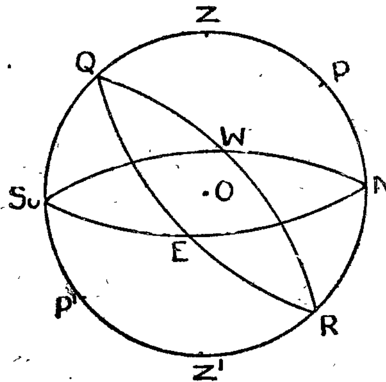
படம் 15-ல். புவியின் மேலுள்ள பெருவட்டம் pAp', A என்ற இடத்தின் வழியாகச் செல்கிறது. இதை A என்ற இடத்தின் 'புவி உச்சி வட்டம்' எனச் சொல்கிறோம்.

வான வட துருவம் P, வான உச்சிப் புள்ளி Z ஆகியவற்றின் வழியே செல்லும் வானக் கோளத்தின் பெரு வட்டத்தை (பெரு வட்டம் ZP), A என்ற இடத்தின் வான உச்சிவட்டம் என்கிறோம். இந்த வான உச்சிவட்டம் Z', P' வழியாகச் செல்லும். புவி உச்சி வட்டத்திலுள்ள எல்லா இடங்களும் ஒரே வான உச்சி வட்டத்தை உடையனவாயிருக்கும்.

21. வடக்கு, தெற்குப் புள்ளிகள் (North point, South point)

படம் 16-ல் வான உச்சி வட்டம் $ZpZ'p'$, A-ன் தொடுவானம் NS_0 ஐ இரண்டு புள்ளிகளில் வெட்டுகிறது. வடதுருவம் p-க்கு அருகிலுள்ள புள்ளியை வடக்குப் புள்ளி என்றும் S_0 ஐத் தெற்குப் புள்ளி என்றும் குறியீடு செய்வோம்.

22. கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள் (East and West points)



படம் 16.

படம் 16-ல், QR வான நடுவரைப் பெரு வட்டம். NS_0 தொடு வானப் பெரு வட்டம். இவ்விரு பெரு வட்டங்களும் E, W என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கின்றன. E ஐக் கிழக்குப் புள்ளி என்றும், W ஐ மேற்குப் புள்ளி என்றும் அழைப்போம். EOW என்ற நேர் கோட்டைக் 'கீழ்மேல் நேர்கோடு' (East west line) எனக் குறியீடு செய்வோம்.

N, S_0, E, W என்ற நான்கு புள்ளிகளையும் நாற்றிசைப் புள்ளிகள் (Cardinal points) எனக் குறிப்பிடுவோம்.

23. வானக் கோளத்தின் வட வரைக் கோளமும் தென் வரைக் கோளமும் (Northern and Southern hemisperes)

வான நடுவரை வானக் கோளத்தை இரண்டு அரைக் கோளங்களாக வெட்டுகின்றது. வட துருவத்தைக் கொண்டுள்ள அரைக் கோளத்தை வட வரைக் கோளம் என்றும், தென் துருவத்தைக் கொண்டுள்ள அரைக் கோளத்தைத் தென் வரைக் கோளம் என்றும் குறிக்கிறேம்.

24. வானக் கோளத்தின் கிழக்கு மேற்கு அரைக் கோளங்கள் (Eastern and Western hemisphere)

வான உச்சி வட்டம் வானக் கோளத்தை இரண்டு அரைக் கோளங்களாகப் பிரிக்கிறது. கிழக்குப் புள்ளியை உடைய அரைக் கோளத்தை கிழக்கு அரைக் கோளம் என்றும், மேற்குப் புள்ளியை உடைய அரைக் கோளத்தை மேற்கு அரைக் கோளம் என்றும் குறிக்கிறேம்.

25. சில குறிப்புகள் (Points to be noted)

(i) 'வான் நடுவரை' வானக் கோளத்தின் நிலையான பெரு வட்டம். அது பார்வையாளரின் இருப்பிடத்தைப் பொறுத்தது அல்ல.

(ii) வான உச்சிப் புள்ளி வெவ்வேறு இடங்களுக்கு வெவ்வேறாக அமையும். வான உச்சி வட்டம் வான உச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்வதால் வெவ்வேறு இடங்களுக்கு வெவ்வேறு வான் உச்சி வட்டம் இருக்கும்.

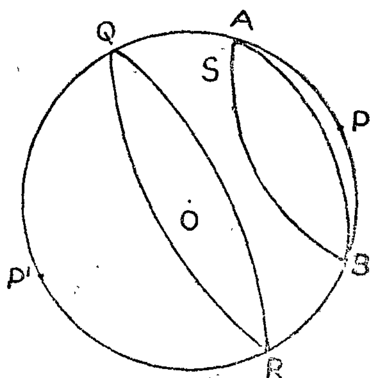
(iii) தொடுவானத்திற்கும் வான நடுவரைக்கும், வான உச்சி வட்டம் துணைக்குத்து வட்டமாக அமைகிறது. ஏனென்றால், தொடுவானத்தின் அச்சு முனைகள் Z, Z', வான நடுவரையின் அச்சு முனைகள் P, P'; இந்த நான்கு புள்ளிகள் வழியாகத்தான் வான உச்சி வட்டம் செலகிறது.

(iv) ஒரு பெரு வட்டம் அதன் அச்சு முனைகளிலிருந்து ஒரு செங்கோணத் தூரத்தில் அமைகிறது. இரண்டு பெரு வட்டங்கள் ஒன்றையொன்று இரண்டு சம பாகங்களாக வெட்டிக்கொள்கின்றன. படம் 15-ல், $EW = 90°$; $EZ = 90°$. ஆகவே, E, W வான உச்சி வட்டத்தின் அச்சு முனைகள் ஆகும்.

26. தினசரி இயக்கமும் மீன்வழி நாளும் (Diurnal motion and Sidereal Day)

படம் 15-ல் குறித்தாற்போல் PP' ஐ அச்சாகக் கொண்டு புவி மேற்கிலிருந்து கிழக்கு நோக்கிச் சுழலகிறது. இதன் விளைவாக முழு வானக் கோளமும் PP' ஐ அச்சாகக் கொண்டு புவியைச் சுற்றிக் கிழக்கிலிருந்து மேற்கு நோக்கிச் செல்வதுபோலத் தோற்றமளிக்கிறது. ஞாயிறு, திங்கள், விண்மீன்கள், கோள்கள் போன்ற எல்லா வானப் பொருட்களும் புவியைச் சுற்றிப் புவி சுழலும் திசைக்கு எதிராகச் செலவதுபோல, அதாவது கிழககிலிருந்து மேற்கு நோககிச் செல்வதுபோலத் தோற்றம் அளிக்கின்றன. இவ்வானப் பொருட்கள் பூமியைச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் பூமி தன்னைத்தானே சுழல்வதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகும். பூமி ஒருமுறை தன் அச்சைச் சுற்றி அச்சாகக்கொண்டு சுழல்வதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் 23 மணி, 56 நிமிடம், 8 வினாடிகள் புவி தன்னைத் தானே சுழல்வதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நிலையான காலததை 'மீன்வழி நாள்' (Sidereal day) என்றும், வானப் பொருட்கள் வானக்கோளத்தில் புவியைச் சுற்றி நகர்வதை வானப் பொருட்களின் 'தினசரி இயக்கம்' (Diurnal motion) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

முழு வானக்கோளமும் PP'ஐ அச்சாகக் கொண்டு சுழல்வதால் விண்மீன்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் மாருது; விண்மீன்களுக்கும் துருவங்களுக்குமிடையே உள்ள தூரமும் மாருது. வட துருவம் P-லிருந்து. S என்ற விண்மீனின் தூரம் (படம் 17.) எப்பொழுதுமே மாருது. இத் தூரத்தை 'விண்மீனின் வடதுருவத் தூரம்' (North polar distance) என்றும் சொல்கிறோம். விண்மீன்களும் மற்ற எல்லா வானப்பொருட்களும் வான நடுவரைக்கு இணையாகவுள்ள சிறு வட்டங்களில் (small circles) இயங்குகின்றன. இச்சிறு வட்டங்களின் அச்சு முனைகள் P, P' ஆகிய இரு நிலையான புள்ளிகளேயாகும்.



படம் 17

படம் 17-ல் QR. வான நடுவரை. P. P' வான நடுவரையின் அச்சு முனைகள். S என்பது யாதானுமொரு விண் மீன். AB. வான நடுவரைக்கு இணையாக உள்ள ஒரு சிறு வட்டம். இந்தச் சிறுவட்டம் S-ன் தினசரிப் பாதை (Diurnal path) ஆகும். PS என்பது S-ன் வட துருவத் தூரம் ஆகும். AB என்ற வட்டத்தில் S எந்த இடத்தில் இருப்பினும், வடதுருவத் தூரம் PS மாருது.

வான நடுவரையை வடதுருவத் தூரம் 90° உள்ள ஒரு விண்மீனின் தினசரி இயக்கப் பாதை எனக் கொள்ளலாம்.

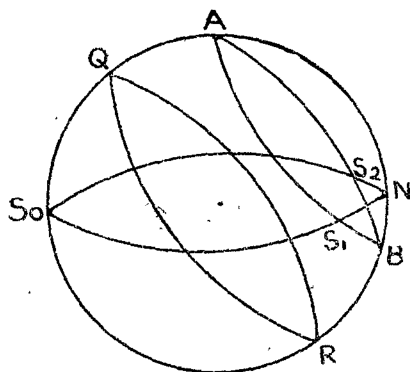
27. உச்சி கடத்தல் (Transit or culmination)

ஒவ்வொரு வானப் பொருளும் தினசரி இயக்கத்தின் விளைவாக உச்சி வட்டத்தை இருமுறை கடக்கின்றன. படம் 17-ல் AB. S-ன் தினசரிப் பாதை. S இப்பாதையில் இயங்குகிறது; A என்ற இடத்திலும், B என்ற இடத்திலும் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கிறது.

A என்ற இடம் வட துருவத்திற்கு மேலே அமைந்துள்ளது. *A* ஐ 'மேலுச்சிக் கடத்தலிடம்' (Position of upper transit) என்றும், *B* ஐக் 'கீழுச்சிக் கடத்திலிடம்' (Position of lower transit) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

ஒரு விண்மீன் அடுத்தடுத்து மேலுச்சியையோ, கீழுச்சியையோ கடக்கும் நேரங்களுக்கிடைப்பட்ட காலம் ஒரு 'மீன் வழி நாளாகும்'.

28, வானப் பொருளின் தோற்றமும், மறைவும் (Rising and Setting of a celestial body)



படம் 18.

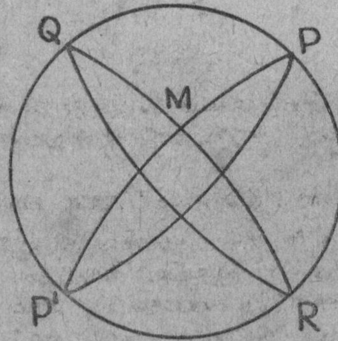
படம் 18-ல் NS_0 தொடுவானம். *QR* வான நடுவரை. *AB*. *S* என்ற வானப் பொருளின் தினசரிப் பாதை. NS_0 தொடு வானம்; வானக் கோளத்தை இரு அரைப் பகுதிகளாகப் பிரிக்கிறது. ஒரு பார்வையாளர் மேல் அரைப் பகுதியிலுள்ள வானப் பொருட்களைத் தான் காண முடியும்; கீழரைப் பகுதியில் உள்ள வானப் பொருட்களைக் காண முடியாது. தொடு வானத்திற்கு மேலுள்ள பகுதி, 'புலனாகும் அரைக் கோளம்' (visible hemisphere) என்றும், தொடு வானத்திற்குக் கீழுள்ள பகுதி, 'புலனாகா அரைக்கோளம்' (invisible hemisphere) என்றும் அழைக்கப்படும். *S* என்ற விண்மீன் S_1 என்ற இடத்தில் புலனாகா அரைக் கோளத்திலிருந்து புலனாகும் அரைக் கோளத்திற்கு நகருகிறது. S_1 என்ற இடத்தில் *S* என்ற விண்மீன் 'தோன்றுகிறது' என்கிறோம். அதேபோல, S_2 என்ற இடத்தில் *S* என்ற விண்மீன் புலனாகும் அரைக் கோளத்திலிருந்து புலனாகா அரைக் கோளத்திற்கு நகருகிறது. S_2 என்ற இடத்தில், *S* என்ற விண்மீன் 'மறைகிறது' என்கிறோம்.

29. நிலைக்குத்து வட்டங்களும் முதனிலை நிலைக்குத்து வட்டமும் (Verticals and Prime vertical)

தொடுவானத்தின் துணைக்குத்து வட்டங்களுக்கு 'நிலைக் குத்து வட்டங்கள்' (Vertical circles or Verticals) என்பது பெயர். கிழக்குப் புள்ளி, மேற்குப் புள்ளி ஆகியவற்றின் வழியாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து வட்டத்துக்கு 'முதனிலை' நிலைக்குத்து வட்டம் (Prime vertical) என்பது பெயர்.

30. நடுவரைக் குத்து வட்டங்கள் (Declination circles)

வான நடுவரையின் துணைக்குத்து வட்டங்களை 'நடுவரைக் குத்து வட்டங்கள்' என்கிறோம்.



படம் 19.

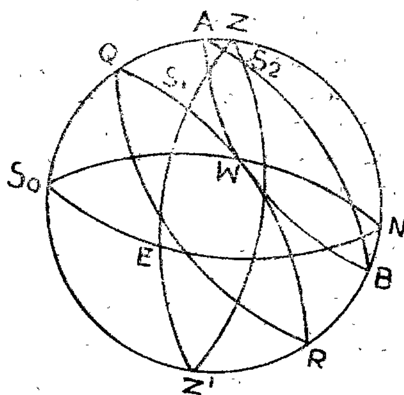
படம் 19-ல், QR வான நடுவரை, P, P' வான நடுவரையின் அச்சு முனைகள். PMP' வான நடுவரையின் துணைக்குத்து வட்டம். இதனை நடுவரைக் குத்து வட்டம் (Declination circle) எனச் சொல்கிறோம்.

31. நேர் கிழக்கும், நேர் மேற்கும் (Due east and Due west)

படம் 20-ல் NS_0 தொடுவானம். QR வானநடுவரை. இவை இரண்டும் சந்திக்கக்கூடிய புள்ளிகள் கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள். E கிழக்குப் புள்ளி; W மேற்குப் புள்ளி.

AB, S என்ற விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. $ZEZ'W$ என்ற பெருவட்டம் முதனிலை நிலைக்குத்து வட்டமாகும். AB என்ற சிறு வட்டமும், $ZEZ'W$ என்ற பெருவட்டமும் S_1, S_2 என்ற புள்ளி களில் சந்திக்கின்றன. S_1 என்ற புள்ளி வானக் கோளத்தின்

கீழ்க்கரைக் கோளத்திலும், S_2 என்ற புள்ளி வானக் கோளத்தின்



படம் 20.

மேற்கரைக் கோளத்திலும் உள்ளன. S_1 ஐ 'நேர் கிழக்குப் புள்ளி' என்றும், S_2 ஐ 'நேர் மேற்குப் புள்ளி' என்றும் அழைக்கிறோம்.

32. ஞாயிற்றின் ஆண்டு இயக்கம் (Annual motion of the sun)

ஏதோ ஒரு நாளில் நாம், ஞாயிறு மறைந்தவுடன் மேற்கு வானத்தைப் பார்த்தால் ஞாயிறு மறைந்த இடத்திற்கு 15° உயரத்தில் ஒரு விண்மீனைக் காணலாம். தொடர்ந்து ஒவ்வொரு நாளும் மாலையில் இந்த விண்மீனைப் பார்த்தால், இதன் உயரம் குறைந்து கொண்டே வரும். சுமார் இரண்டு வாரங்களுக்குப் பின்னர் இந்த விண்மீனைக் காண முடியாது. மேலும் இரண்டு வாரங்களுக்குப் பின்னர்க் கிழக்கு வானத்தைப் பார்த்தால் ஞாயிறு தோன்றுமுன் இதே விண்மீனைக் காணலாம். தொடர்ந்து இந்த விண்மீனைப் பார்த்துக்கொண்டேயிருந்தால் நாளுக்கு நாள் இதன் உயரம் அதிகரித்துக் கொண்டே போகும். ஆறு மாதங்கள் கடந்து காணும்போது இந்த விண்மீன் மேற்கு வானத்தில், ஞாயிறு கீழ் வானத்தில் தோன்றுவதற்குச் சற்று முன்னராக மறையும். சரியாக ஓராண்டுக்குப் பின்னர் இதே விண்மீனை மேற்கு வானத்தில் முதலில் கண்ட உயரத்திலேயே ஞாயிறு மறைந்தவுடன் காணலாம்.

தொடக்கத்தில் விண்மீனை மேற்கு வானத்தில் பார்த்த பொழுது, ஞாயிறு விண்மீனுக்கு மேற்கே இருந்து. நான்கு வாரங்கள் கழிந்த பின்னர்க் கிழக்கு வானத்தில் ஞாயிறு தோன்றுமுன் நாம் காண, ஞாயிறு விண்மீனுக்குக் கிழக்கில் இருந்து.

அதாவது விண்மீன் ஞாயிற்றுக்கு மேற்காகவே இயங்கிற்று. இதனால் நாம் என்ன ஊகிக்கலாம் எனில், ஞாயிறு விண்மீன்களைப் பொறுத்த அளவில், புவியைச் சுற்றி மேற்கிலிருந்து கிழக்காக இயங்குகிறது; ஓராண்டுக் காலத்திற்குப் பின்னர், தான் புறப்பட்ட இடத்திற்கே வந்து சேருகிறது. ஞாயிற்றின் இவ் வியக்கத்திற்கு 'ஞாயிற்றின் ஆண்டு இயக்கம்' என்பது பெயர். ஆனால், ஞாயிற்றின் ஆண்டு இயக்கம் வெறுந் தோற்றமே (apparent) ஆகும். உண்மையில் புவிதான் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகிறது. புவி ஞாயிற்றைச் சுற்றும் காலம் ஓராண்டாகும் என்றும் அறிய முடிகிறது. எனவே, ஞாயிற்றின் ஆண்டு இயக்கம் தோற்ற வியக்கமே ஆகும் (apparent motion).

இந்த இயக்கத்தின் விளைவாக இரவில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் காணும் விண்மீன் கூட்டங்கள் இடமாறுதல் அடைகின்றன. ஆனால், ஓராண்டுக் காலத்திற்குப் பிறகு அதே இடத்தில் அதே நேரத்தில் அவ் விண்மீன் கூட்டங்களைக் காணலாம்.

33. ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையும் அதன் சாய்வும் (Ecliptic and obliquity)

ஞாயிறு இயங்கும் பாதையை வானக்கோளத்தில் வரைந்தால் அது ஒரு பெருவட்டமாக இருக்கும். இப் பெருவட்டத்தை ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை (ecliptic) என்று சொல்கிறோம்.

வான நடுவரைத் தளத்திற்கும், ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதைத் தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்தை ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு (obliquity of the ecliptic) என்று சொல்கிறோம். இக் கோணத்தின் அளவு $23° 27'$ ஆகும். இதனை. ω என்று குறியீடு செய்கிறோம். படம் 21-ல் P, P' வான நடுவரையின் அச்சு முனைகள்; K, K' ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் அச்சு முனைகள்; இரண்டு பெருவட்டங்களின் இடையே உள்ள கோணம், அவ்விரு பெருவட்டங்களின் அச்சு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்திற்குச் சமமாகும். ஆகவே $KP = K'P' = \omega°$.

34. மேட முதற் புள்ளியும் துலா முதற் புள்ளியும் (First point of Aries and First ponit of Libra)

படம் 21-ல் QR வான நடுவரை. CL ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை. இவ்விரு பெருவட்டங்களும் '♈', '♎' என்ற இரு புள்ளிகளில் வெட்டிக் கொள்ளுகின்றன. ஞாயிறு, தெற்கு அரைக் கோளப் பகுதியிலிருந்து வடக்கு அரைக்கோளப் பகுதிக்குச் செல்லுகையில் வான நடுவரையைக் கடக்கும் புள்ளி '♈' ஆகும்.

இப் புள்ளியை மேட முதற் புள்ளி (First point of Aries) என்று சொல்கிருேம்.

படம் 21.

வடக்கு அரைக்கோளப் பகுதியிலிருந்து தெற்கு அரைக்கோளப் பகுதிக்கு ஞாயிறு செல்லுகையில் வான நடுவரையைக் கடக்கும் புள்ளி ♎ ஆகும். இப் புள்ளியைத் துலா முதற் புள்ளி (First point of Libra) என்று சொல்கிருேம்.

35. சம இரவுப் புள்ளிகளும், ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலைகளும் (Equinoxes and solstices)

முன்னுல் குறிப்பிட்ட ♈, ♎ ஆகிய புள்ளிகளைச் சம இரவுப் புள்ளிகள் (equinoctial points or equinoxes) என்று சொல்கிருேம். ஞாயிறு இவ்விரு புள்ளிகளைக் கடக்கும் நாட்களில் பகலும் இரவும் சமம். ஆகவேதான், இப் புள்ளிகளின் பெயர்களும் காரணப் பெயர்களாக உள்ளன. ஞாயிறு அதன் ஓராண்டு இயக்கத்தில் '♈' என்ற புள்ளிக்கு மார்ச்சு மாதம் 21 ஆம் தேதி வருகிறது. இந்நாளில் பருவ மாற்றம் ஏற்படுகிறது. குளிர் காலம் முடிந்து இளவேனிற் காலம் தொடங்குகிறது. ஆகவே, ♈ ஐ இளவேனிற் சம இரவுப் புள்ளி (vernal equinox) என்று சொல்கிருேம். அதேபோல ஞாயிறு, ♎ என்ற புள்ளியைச் செப்டம்பர் 23 ஆம் தேதி அடைகிறது. இந்த நாளில் கோடை காலம் முடிந்து இலையுதிர் காலம் தொடங்குகிறது. ஆகவே, ♎ ஐ இலையுதிர் சம இரவுப் புள்ளி (autumnal equinox) எனச் சொல்கிருேம்.

ஞாயிறு தன் ஆண்டுப் பாதையில் மார்ச்சு 21-ம் தேதி 'γ' ஐ அடைகிறது. அப்பொழுது இளவேனிற் காலம் தொடங்குகிறது. ஞாயிறு மேலும் நகர்ந்து ஜூன் 22-ம் தேதியன்று 'L' என்ற புள்ளியை அடைகிறது (படம் 21). இந்த இடத்தில் வடக்கு நோக்கிச் சென்ற பாதை தெற்கு நோக்கித் திரும்புகிறது. இது ஞாயிற்றின் பாதையில் ஒரு திருப்ப நிலையாகும். இங்குக் கோடை காலம் தொடங்குகிறது; இளவேனிற் காலம் முடிகிறது. ஆகவே 'L' என்ற புள்ளிக்கு ஞாயிற்றுப் பாதையின் 'கோடைத் திருப்ப நிலை' (summer solstice) என்பது பெயர். ஞாயிறு தொடர்ந்து தெற்கு நோக்கிச் செல்கிறது. தென் திசைப் பயணத்தின் முடிவு 'C'-ல் ஏற்படுகிறது. இப் புள்ளியில் மீண்டும் வடதிசை நோக்கித் திரும்புகிறது. ஞாயிறு இப்புள்ளியை அடையும் பொழுது, இலையுதிர்காலம் முடிவடைந்து குளிர்காலம் தொடங்குகிறது. ஆகவே 'C' என்ற புள்ளியை ஞாயிற்றுப் பாதையின் 'மாரித் திருப்ப நிலை' (winter solstice) என்று சொல்கிறோம். இப்புள்ளியை ஞாயிறு டிசம்பர் 22ஆம் தேதி அடைகிறது.

ஆகவே,

'γ'—இளவேனிற் சம இரவுப் புள்ளி—ஞாயிறு அடையும் நாள் மார்ச்சு 21.

'L'—கோடைத் திருப்பநிலை—ஞாயிறு அடையும் நாள் ஜூன் 22.

'♎'—இலையுதிர் சம இரவுப் புள்ளி—ஞாயிறு அடையும் நாள் செப்டம்பர் 23.

'C'—'மாரித் திருப்ப நிலை' — ஞாயிறு அடையும் நாள் டிசம்பர் 22

இளவேனிற் காலம் : மார்ச்சு 21 முதல் ஜூன் 22 வரை

கோடை காலம் : ஜூன் 22 முதல் செப்டம்பர் 23 வரை

இலையுதிர் காலம் : செப்டம்பர் 23 முதல் டிசம்பர் 22 வரை.

குளிர் காலம் : டிசம்பர் 22 முதல் மார்ச் 21 வரை

36. வான் துருவ வட்டம் (Colures)

சம இரவுப் புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக்குத்து வட்டத்தைத் துருவ வழி ஞாயிற்றுத் திருப்ப வட்டம்' (equinoctial colure) என்றும், ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலைகள் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தை 'வான் துருவக் குத்து வட்டம்' (solstitial colure) என்றும் அழைப்போம். படம் 21-ல் γ P ♎ P'

துருவ வழி ஞாயிற்றுத் திருப்ப வட்டம்; $KPCL$ வான துருவக் குத்து வட்டம் ஆகும்.

37. வானக் கூறுகள் (Celestial co-ordinates)

வானக் கூறுகள் நான்கு வகைப்படும்.

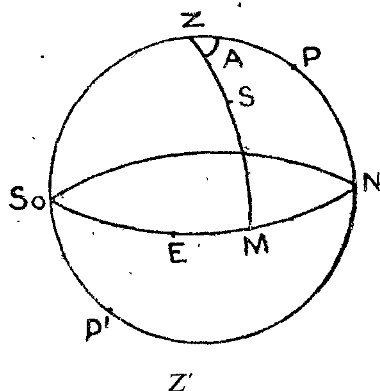
(i) **கோண வேற்றமும் திசை வில்லும்** (Altitude and Azimuth) இக் கூறுகள் தொடுவானப் பெருவட்டத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு வரையறுக்கப்பட்டவை.

(ii) **நேரக் கோணமும் நடுவரை விலக்கமும்** (Hour angle and declination). இக் கூறுகள் வானநடுவரைப் பெரு வட்டத்தின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

(iii) **வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும்** (Right Ascension and Declionation) இக் கூறுகளும் வான நடுவரைப் பெரு வட்டத்தின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

(iv) **அகலாங்கும் நெட்டாங்கும்** (Latitude and Longitude) இக் கூறுகள் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைப் பெருவட்டத்தின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

(i) கோண வேற்றமும் திசை வில்லும் (Altitude and Azimuth)



Z'

படம் 22.

படத்தில் NS_0 தொடுவானம். Z, Z' வான நேருச்சிப் புள்ளியும் வான நேர் கீழ்ப் புள்ளியும் ஆகும். S ஒரு விண்மீன். ZSM விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து வட்டம். E கிழக்குப் புள்ளி. M விண்மீனின் வழியாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து வட்டத்தின் அடி.

ZS விண்மீனின் உச்சித் தூரம் (zenith distance). SM உச்சித் தூரத்தில் நிரப்பி (complement). $SM = 90° - Z$ (உச்சித் தூரத்தை Z என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்கிறோம்.) SM ஐக் கோண வேற்றம் (altitude) என்று கூறுகிறோம். ஆகவே விண் மீனின் கோண வேற்றம் என்னவென்றால், விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து வட்டத்தின் அடிக்கும் விண்மீனுக்கும் இடையேயுள்ள தூரமாகும். இந்தத் தூரத்தைக் கோண அளவில் அளக்கின்றோம்.

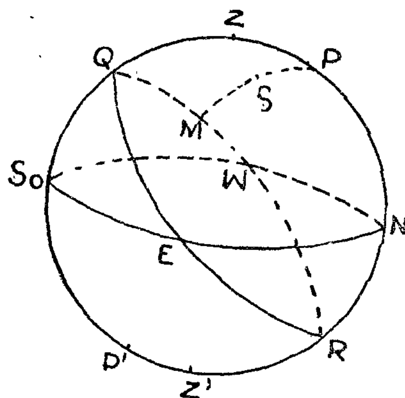
NM என்பது திசை வில் (azimuth). இது PZS-க்குச் சமம். அதாவது உச்சி வட்டத்திற்கும் விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நிலைக்குத்து வட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்குச் சமம். தொடுவானப் பெருவட்டத்தில் முக்கோணம் உச்சி வட்டத் தாலும், நிலைக்குத்து வட்டத்தாலும் துண்டிக்கப்பட்ட வில்லின் நீளத்திற்குத் திசை வில் (படம் 22-ல் NM) என்பது பெயர். திசை வில் எப்பொழுதுமே வடக்குப் புள்ளி N-லிருந்து கிழக்கு நோக்கி அளக்கப்படும். ஆகவே, திசை வில் 0°-விலிருந்து 360° வரை மாறுதலடையும். NM ஐக் கிழக்குத் திசை வில் என்றும் சிலர் சொல்வார்கள்.

திசை விலை S_0 புள்ளியிலிருந்து சிலர் அளப்பார்கள். அப் பொழுது S_0M திசைவில்லாகும். இதனை மேற்குத் திசை வில் என்பர். திசை வில், நாற்றிசைப் புள்ளிகளிலிருந்து விண்மீனின் திசையைக் குறிக்கிறது. கோணவேற்றமும் திசை வில்லும், தொடு வானம், உச்சி வட்டம், நேருச்சிப் புள்ளி இவைகளின் அடிப் படையில் வரையறுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. எனவே, புவியின் மேற்பரப்பில் பார்வையாளரின் இடம் மாற மாற, இக் கூறுகளும் மாறும். விண்மீன் தினசரி இயக்கத்திற்கு உட்பட்டது. ஆகவே, நேரத்திற்கு நேரம் மாறும்.

திசை விலை 'A' என்ற எழுத்தால் குறிக்கின்றோம். கோண வேற்றத்தை 'a' என்ற எழுத்தாலோ அல்லது $90° - Z$ என்றோ குறிக்கின்றோம்.

(ii) நேரக்கோணமும் நடுவரை விலக்கமும் (Hour angle and declination)

படம் 23-ல் NS_0 தொடுவானம். QR வான நடுவரை. E, W கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள். S ஒரு விண்மீன். Z, Z' வான நேருச்சிப் புள்ளி, வான நேர்கீழ்ப் புள்ளி ஆகும். PSM, விண் மீனின் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்துவட்டம். P, P' வட தென் துருவங்கள். M நடுவரைக் குத்துவட்டத்தின் அடி.



படம் 23.

SM 'நடுவரை விலக்கம்' எனப்படும். நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் அடியிலிருந்து நடுவரைக் குத்துவட்டத்தின் வழியாக அளக்கப்படும் விண்மீனின் தூரத்தை 'நடுவரைவிலக்கம்' என்கிறோம்.

இது கோண அளவில் அளக்கப்படும். இதனை 'δ' என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்கிறோம். $0°$ முதல் $90°$ வரை 'δ' மாறுதல் பெறும். PS என்பது நடுவரைவிலக்கத்தின் நிரப்பி, 'இதனை வட துருவத் தூரம்' (North polar distance) என்று குறியீடு செய்கின்றோம். இது '$90° - \delta$' ஆகும்.

உச்சி வட்டத்திற்கும் விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணம், உச்சி வட்டத்திலிருந்து மேற்கு முகமாக (வலஞ் சுழியாக) அளக்கப்படும். இதனை 'விண்மீனின் நேரக் கோணம்' (Hour angle of the star) என்று சொல்கிறோம். படத்தில் $\widehat{ZPS}$ நேரக் கோணமாகும். இது வில் QM-க்குச் சமமாகும். இதைக் கோண அளவில் அல்லது கால அளவில் குறிப்பிடுவார்கள். இது $0°$-லிருந்து $360°$ வரை மாறுதல் அடையும். அல்லது $0^{ம}$ முதல் $24^{ம}$ வரை (கால அளவில்) மாறும். இதனை 'h' என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்வோம். சில இடங்களில் நேரக் கோணத்தை Q-லிருந்து கிழக்கு முகமாகவும் அளப்பர். அப்பொழுது அந்த அளவையைக் 'கிழக்கு நேரக் கோணம்' (Eastern hour angle) என்று அழைப்போம்.

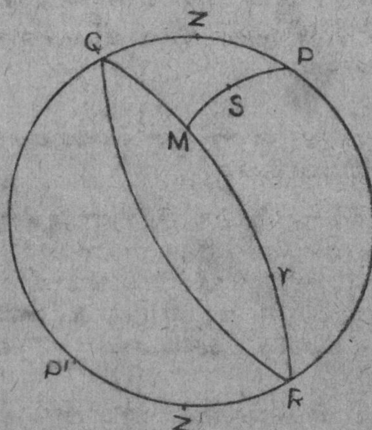
வான நடுவரை, உச்சி வட்டம், துருவங்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டே, 'δ', 'h' ஆகியவை வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. வட,

தென் துருவங்கள் புவியின் மேலுள்ள எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும் பொதுவானவை. வான நடுவரையும் நிலையான பெரு வட்டம். எனவே, PS-ன் மதிப்பு மாருது. ஆகவே SM-ன் தூரம் மாருது. ஆகவே, நடுவரைவிலக்கம் பூமி மேலுள்ள எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும் பொதுவானவை. மேலும் நடுவரைவிலக்கம் கால வேறுபாட்டிற்கேற்ப மாறுபடும் தன்மையைப் பெற்றதல்ல.

நேரக்கோணம் வான உச்சி வட்டத்தைக் கொண்டு அளக்கப்பட்டது. ஆகவே, இது இடத்திற்கு இடம் மாறும். தினசரி இயக்கத்தின் விளைவாகப் புவி சீரான வேகத்தில் சுழல்கிறது. ஆகவே, PS என்ற நிலைக்குத்து வட்டம் PP' ஐ அச்சாகக் கொண்டு சீரான வேகத்தில் 1 மணி நேரத்தில் $15°$ சுழல்கிறது. எனவே, விண்மீனின் நேரக்கோணம் ஒரு மீன்வழி மணியில் (sidereal hour) $15°$-ம், ஒரு மீன்வழி நிமிடத்தில் $15'$-ம், ஒரு மீன்வழி நொடியில் $15''$-ம் மாறும். ஆகவேதான், நேரக்கோணத்தைக் கால அளவிலும் குறிப்பது வழக்கம்.

எடுத்துக்காட்டாக, விண்மீனின் நேரக்கோணம் $123°\ 34''\ 30''$ ஐ $8^{ம}; 14^{நி}; 18^{வி}$. எனவும் குறிப்பிடலாம். கால அளவைக் காண, கோண அளவை 15ஆல் வகுக்க வேண்டும்.

(iii) வல ஏற்றமும், நடுவரை விலக்கமும் (Right Ascension and declination)



படம் 24.

QR வான-நடுவரை. P, P' வட தென் துருவங்கள். Z, Z' வான நேருச்சிப் புள்ளியும், வான நேர் கீழ்ப் புள்ளியுமாகும். '♈' மேட முதற்புள்ளி. S ஒரு விண்மீன். PSM விண்மீனின் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டம். M விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்துவட்டத்தின் அடி.

SM என்பது விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம். இதைப்பற்றி முன்பே கண்டோம். 'r' என்பது ஒரு நிலையான புள்ளி, இப்புள்ளியிலிருந்து விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் அடியின் தூரம். மேற்கு கிழக்காக (இடஞ்சுழியாக) இதனை, விண்மீனின். 'வல ஏற்றம்' (right ascension) என்று சொல்கிறோம். இந்த அளவு எப்பொழுதுமே 'r'-லிருந்து நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் அடிக்குக் கிழக்குத் திசையில் அளக்கப்படும். ஆகவே, இது $0°$ முதல் $360°$ வரை மாறும். இந்த அளவைக் கால அளவிலும் குறிப்பிடுகிறார்கள். கோண அளவைக் கால அளவாக்க 15ஆல் வகுக்க வேண்டும். வல ஏற்றம் 'α' என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படும். இதனை ஆங்கிலத்தில் $R.A.$ என்று சுருக்கமாகச் சொல்வது வழக்கம்.

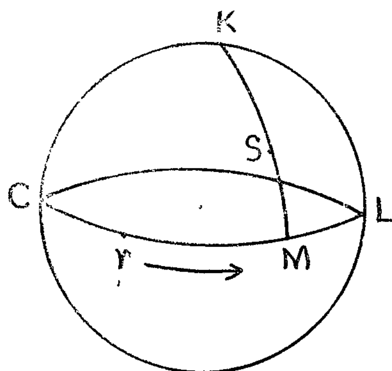
வல ஏற்றமும், நடுவரைவிலக்கமும் வான நடுவரை, வட தென் துருவங்கள். மேட முதற்புள்ளி ஆகியவைகளைக் கொண்டு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. இவையாவும் இடத்திற்கிடமோ, நேரத்திற்கு நேரமோ தங்கள் நிலைகளை மாற்றிக்கொள்வதில்லை. தினசரி இயக்கத்தில் இவையெல்லாம் PP'ஐ அச்சாகக் கொண்டு சுற்றுவதால் வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும் மாறுவதில்லை. ஆகவே, எல்லா நேரங்களிலும் எந்த இடத்திலும், இவ்விரு கூறுகளும் நிலையானவை.

(iv) வான அகலாங்கும் வான நெட்டாங்கும் (Celestial latitude and celestial longitude)

படம் 25-ல், CL ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை K, K' அப்பெரு வட்டத்தின் அச்சு முனைகள். S ஒரு விண்மீன். KSM விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் (ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்) துணைக் குத்து வட்டம் (Secondary to the ecliptic) M, விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் துணைக் குத்து வட்டத்தின் அடி. '♈' மேட முதற்புள்ளி.

துணைக்குத்து வட்டத்தின் அடிக்கும், விண்மீனுக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை விண்மீனின் 'வான அகலாங்கு' (celestial latitude of the star) என்று சொல்கிறோம். படத்தல்

இது SM ஐக் குறிக்கிறது. இது β என்ற எழுத்தால் குறிக்கப் படுகிறது. இது 0° முதல் 90° வரை மாறும்.



படம் 25.

'♈' என்ற மேட முதற்புள்ளியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை வழியாக துணைக்குத்து வட்டத்தின் அடியின் தூரத்தைக் கிழக்கு நோக்கி (வலஞ் சுழியாக) அளந்தால், அத் தூரத்தை விண்மீனின் 'வான நெட்டாங்கு' (celestial longitude of the star) என்று சொல்கிறோம். படத்தில் 'M' விண்மீன் 'S' என்பது வான நெட்டாங்கு ஆகும். இது '♈'-லிருந்து கிழக்காகவே அளக்கப் படுவதால், வான நெட்டாங்கு 0° முதல் 360° வரை மாறும். இதை λ என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்கிறோம்.

வான அகலாங்கும், வான நெட்டாங்கும் ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை, மேட முதற்புள்ளி இவைகளைக் கொண்டு வரையறுக்கப் பட்டுள்ளன. இவை இரண்டும் புவிமேலுள்ள எல்லாப் பார்வை யாளர்களுக்கும் ஒன்றேதான். ஆகையால், இடத்திற்கிடம் மாறா. தினசரி இயக்கம் காரணமாகவும் இவை மாறா. ஏனென்றால், தினசரி இயக்கத்தில் விண்மீன், ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை, மேட முதற்புள்ளி ஆகிய மூன்றும் பங்கு கொள்கின்றன.

38. நான்கு வகை வானக் கூறுகளைப் பயன் படுத்துவதில் கவனிக்கவேண்டிய சில குறிப்புகள்

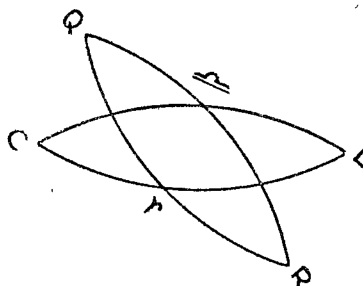
வானக் கோணத்தில் விண்மீன்களையும், ஞாயிறு, திங்கள், கோள்களையும் மற்ற வானப் பொருட்களையும் குறிப்பிடுவதற்கு வானக்கூறுகள் பயன்படுகின்றன. எந்த ஓர் இடத்திலும் தொடு வானம், உச்சி வட்டம், வடக்கு தெற்குப் புள்ளிகள் ஆகியவைகளை

எளிதில் கண்டறியலாம். இவைகளைக்கொண்டு வரையறுக்கப்பட்ட வானக் கூறுகளாகிய கோண ஏற்றத்தையும், திசை வில்லையும் நாம் எளிதில் கணக்கிடலாம். இவைகளைப் பயன்படுத்தி வானப் பொருட்களைக் குறிப்பிடலாம். ஆனால், இவை இடத்திற்கிடமும் நேரத்திற்கு நேரமும் மாறும்.

வான நடுவரை, ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை, ஆகியவை களின் அச்சு முனைகள், மேட முதற் புள்ளி ஆகியவைகள் எல்லாம் நிலையானவை. புவி மேலுள்ள எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும் இவை பொதுவானவை. வடதுருவத்தை எளிதில் குறிக்கலாம். வான நடுவரையையும் கண்டறியலாம். ஆனால், மேட முதற் புள்ளியையும், துலா முதற் புள்ளியையும் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் குறிப்பது எளிதன்று.

ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையையும் கண்டறிவது கடினம். மேலும், தினசரி இயக்கம் காரணமாக இவையெல்லாம் இயங்கு கின்றன. எனவே, இவற்றைக் கொண்டு வரையறுக்கப்பட்ட வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும், வான அகலாங்கு, வான நெட் டாங்கு ஆகியவற்றைக் காண உதவா. ஆனால், இவற்றால் ஒரு பெரிய நன்மை உண்டு. இவை இடத்திற்கிடமும், நேரத்திற்கு நேரமும் மாறாததால், விண்மீன் வரை படத்திலும் வானக் கோள உருவப் படத்திலும் குறிக்கப் பெரிதும் துணையாக இருக்கும். ஞாயிறு, திங்கள், மற்றக் கோள்கள் ஆகியவைகளை வானப் படங் களில் குறிக்க வான அகலாங்கும், வான நெட்டாங்கும் பயன்படும்.

39. ஓராண்டுக் காலத்தில் ஞாயிற்றின் வானக் கூறுகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Changes in the coordinates of the Sun in the course of a year)



படம் 26.

படம் 26-ல், QR வான நடுவரை. CL, ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை. இரு பெரு வட்டங்களும் ♈, ♎ எனும் இரு புள்ளிகளில் சந்திக்கின்றன. ♈ மேட முதற் புள்ளி, ♎ துலா முதற் புள்ளி.

மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி ஞாயிறு, '♈' என்ற புள்ளிக்கு வருகிறது. இந் நாளிலிருந்து இளவேனிற் காலம் தொடங்குவதால், இப் புள்ளியை இளவேனிற் சம இரவுப புள்ளி (Vernal equinox) என்று குறிப்பிட்டோம். இப் புள்ளி வான நடுவரை, ஞாயிற்றுப் பாதை ஆகியவற்றின் சந்திப்பாகையால், ஞாயிறு இப் புள்ளியில் இருக்கும்போது, அதன்

α = வல ஏற்றம் = 0

δ = நடுவரைவிலக்கலம் = 0

⊙ = வான நெட்டாங்கு = 0

(ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கை ⊙ என்ற எழுத்தால் குறிக்கிறோம்).

β = வான அகலாங்கு = 0

ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையிலேயே ஞாயிறு ஆண்டு முழுவதும் இயங்குவதால், இதன் வான அகலாங்கு எப்பொழுதுமே 0 ஆகும்.

ஞாயிறு '♈'-ஐ விட்டுத் தன் வடதிசை இயக்கத்தைத் தொடங்குகிறது. அதன் வல ஏற்றமும் (α), வான நெட்டாங்கும் (⊙) அதிகரிக்கின்றன. அதன் நடுவரை விலக்கமும் (δ) அதிகரிக்கிறது. ஞாயிறு ஜூன் 21 ஆம் தேதி L ஐ அடைகிறது. இந் நாளில் இளவேனிற் காலம் முடிந்து, கோடைக் காலம் துவங்குகிறது. இந் நிலையில் ஞாயிறு வட திசை இயக்கத்திலிருந்து தென் திசை நோக்கித் திரும்புகிறது. எனவே, L என்ற புள்ளியை, ஞாயிற்றின் 'கோடைத் திருப்பநிலை' என்கிறோம். ஞாயிறு இப் புள்ளியில் இருக்கும்பொழுது, அதன்

α = 90°, ⊙ = 90°, δ = ω° வடக்கு

எப்பொழுதுமே ஞாயிற்றின் வான அகலாங்கு 0 எனக் குறிப்பிட்டோம். இப் புள்ளியில் நடுவரை விலக்கம் மீப்பெரும் அளவை அடைகிறது.

ஞாயிறு தன் பயணத்தில் தென்திசை திரும்புகிறது. செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி ♎ என்ற புள்ளிக்கு வருகிறது. இந் நாளில் கோடைக் காலம் முடிவடைந்து இலையுதிர் காலம்

தொடங்குகிறது. ⌒ ஐ இலையுதிர் சம இரவுப் புள்ளி (autumnal equinox) என்று சொல்கிறோம்.

இப் புள்ளி, வான நடுவரை, ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை ஆகிய இரு பெரு வட்டங்களின் சந்திப்பாகும்.

ஆகவே, ஞாயிறு இப்புள்ளியில் இருக்கும்போது, அதன்

$$\alpha = 180^\circ, \quad \bigcirc = 180^\circ, \quad \delta = 0, \quad \beta = 0.$$

செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதிக்குப் பின்னர், ஞாயிறு தன் தென் திசை வியக்கத்தைத் தொடர்ந்து, டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி 'C' என்ற புள்ளிக்கு வருகிறது. இந்நாளில் இலையுதிர் காலம் முற்றுப் பெற்றுக் குளிர்காலம் தொடங்குகிறது. இந்நாளில் ஞாயிறு தன் தென் திசைப் பாதையிலிருந்து திரும்பி வட திசை நோக்கித் திருப்புகிறது. 'C' ஐ ஞாயிற்றின் மாரித் திருப்ப நிலை (Winter Solstice) என்று சொல்கிறோம்.

ஞாயிறு இப்புள்ளியில் இருக்கும்போது, அதன்

$\alpha = R.\ A. = 270^\circ$

$\bigcirc = 270^\circ$

$\delta = \omega^\circ$ தெற்கு

$= -\,\omega^\circ$ (நடுவரை விலக்கம்)

வடக்காகில் அதை மிகைக் கோணம் (positive angle) என்றும், தெற்காகில் அதைக் குறை கோணம் (negative angle) என்றும் கருதுவோம்.

ஆகவே, ஓராண்டுக் காலத்தில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றமும், வான நெட்டாங்கும் 0° முதல் 360° வரை மாறுதல் அடைகின்றன; அதன் நடுவரை விலக்கம் $-\omega^\circ$ முதல் $+\omega^\circ$ வரை மாறுதல் அடைகிறது.

ஓராண்டிற்கு 365·25 நாட்கள் எனக் கொள்ளலாம். ஆகவே, வல ஏற்றமும் நெட்டாங்கும் ஒரு நாளில் ஏறக்குறைய ஒரு பாகை அளவு அதிகரிக்கிறது எனக் கொள்ளலாம். மார்ச் 21, ஜூன் 22, செப்டெம்பர் 23, டிசம்பர் 22 ஆகிய தேதிகளில், ஞாயிற்றின் வல ஏற்றமும் வான நெட்டாங்கும் நமக்குத் தெரியும். ஆகவே, ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் காண இச் செய்திகள் துணை செய்யும்.

40. எடுத்துக்காட்டாக

ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தை ஏப்ரல் முதல் தேதியன்று காண்போம். ஏப்ரல் முதல் தேதிக்கு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி அண்மையில் உள்ளது. மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி, ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் 0° ஆகும். மார்ச்சு 21 ஆம் தேதியிலிருந்து கணக்கிட்டால், ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதி பதினோரும் நாள். ஆகவே ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் அன்று 11° ஆகும் என்று காண முடிகிறது.

41. ஞாயிற்றின் வான நெட்டாங்கை யாதாயினுமொரு நாளில் காணப் பயன்படும் முறை (Method of finding the longitude of the sun on any day)

படம் 27.

படம் 27-ல் γ, மேட முதற்புள்ளி. S, ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் ஞாயிற்றின் நிலை. γM வான நடுவரையின் பகுதி. SM, ஞாயிற்றின் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக்குத்து வட்டப் பகுதி.

γS = ஞாயிற்றின் வான நெட்டாங்கு ($\odot$)

γM = ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் (α)

SM = ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் (δ)

$M\hat{\gamma}S$ = ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு (ω°)

$M\gamma S$ என்ற கோள முக்கோணத்தில்,

$$\frac{\sin \Upsilon S}{\sin \Upsilon \hat{M} S} = \frac{\sin SM}{\sin M \hat{\Upsilon} S}$$

$$\frac{\sin \odot}{\sin 90} = \frac{\sin \delta}{\sin \omega}$$

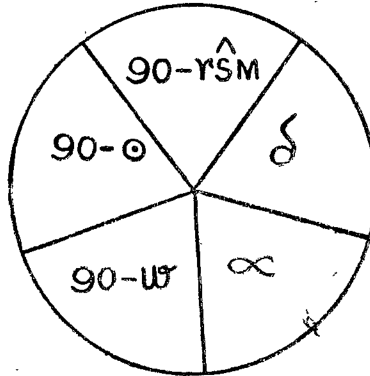
$$\therefore \quad \sin \odot = \sin \delta \ \text{cosec}\ \omega$$

$$\odot = \sin^{-1} [\sin \delta \ \text{cosec}\ \omega]$$

ω-ன் மதிப்பு (ω = 23° 27') மாறிலியாகும். ஆகவே ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் தெரிந்தால் நெட்டாங்கைக் காணலாம்.

42. ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்திற்கும் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கிற்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between Right Ascension and longitude of the sun)

மேலே குறிக்கப்பட்டுள்ள படத்தில் (படம் 27) கோள முக்கோணம் ஒரு செங்கோண முக்கோணமாகும்.



படம் 28.

படம் 28-ல் 90° − ω நடு உறுப்பு; ∝-ம், 90° − ⊙-ம் அடுத்துள்ள உறுப்புகள். நேப்பியரின் வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்தினால்

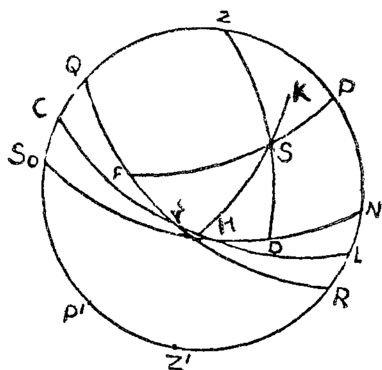
$$\sin (90° - \omega) = \tan \alpha \tan (90° - \theta)$$

$$\cos \omega = \tan \alpha \cot \theta$$

$$\therefore \quad \tan \alpha = \cos \omega \tan \theta$$

எப்பொழுதும் ω° மாறிலி. ஆகவே, மேலே நிறுவப்பட்ட தொடர்பை ∝-விற்கும் ⊙-க்கும் உள்ள தொடர்பாகக்கொள்ளலாம்.

43. வானக் கூறுகளை ஒரே வரைபடத்தில் குறிப்பிடும் முறை
(Representation of Celestial coordinates in the same figure)



படம் 29.

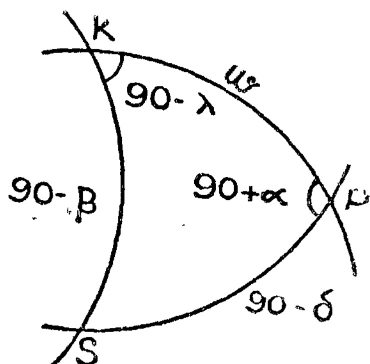
படம் 29-ல், NS_0 அடிவானம்; QR வான நடுவரை; CL ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை; Z, வான நேருச்சிப் புள்ளி; P வட துருவம்; K ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் அச்சு முனை; S ஒரு விண்மீன்; γ மேட முதற் புள்ளி.

$$SF = \delta;\quad PS = 90 - \delta;\quad Z\hat{P}S = L$$

$$ZS = Z;\quad SD = 90 - Z;\quad P\hat{Z}S = A$$

$$\gamma F = \alpha;\quad \gamma H = \lambda;\quad SH = \beta.$$

44. கோள முக்கோணம் KPS



படம் 30.

கொசைன் வாய்பாட்டின்படி, KPS முக்கோணத்தைப் பொறுத்து (படம் 30-ல்).

$$\cos KS = \cos KP . \cos PS + \sin KP . \sin PS . \cos KPS.$$

(அ-து) $\cos(90^\circ - \beta) = \cos\omega . \cos(90^\circ - \delta) + \sin\omega \sin . (90 - \delta) \cos(90^\circ + \alpha)$

அ-து) $\sin\beta = \cos\omega \sin\delta + \sin\omega \cos\delta \cos(90 + \alpha)$

(அ-து) $\sin\beta = \cos\omega \sin\delta - \sin\omega \cos\delta \sin\alpha$ ... (i)

நான்கு உறுப்புகளைக் கொண்ட வாய்பாட்டின்படி,

$$\cos KP . \cos KPS = \sin KP . \cot PS - \sin \hat{KPS} \cot \hat{PKS}$$

(அ-து) $\cos\omega . \cos(90^\circ + \alpha) = \sin\omega \cot(90^\circ - \delta) - \sin(90^\circ - \alpha) \cot(90^\circ - \lambda)$

(அ-து) $-\cos\omega \sin\alpha = \sin\omega \tan\delta - \cos\alpha \tan\lambda$ ... (ii)

சைன் வாய்பாட்டின் படி,

$$\frac{\sin PS}{\sin \hat{PKS}} = \frac{\sin KS}{\sin \hat{KPS}}$$

(அ-து) $\frac{\sin(90^\circ - \delta)}{\sin(90^\circ - \lambda)} = \frac{\sin(90^\circ - \beta)}{\sin(90^\circ + \alpha)}$

(அ-து) $\frac{\cos\delta}{\cos\lambda} = \frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$

(அ-து) $\cos\alpha . \cos\delta = \cos\lambda . \cos\beta$ ... ... (iii)

மேலும் கொசைன் வாய்பாட்டின்படி.

$$\cos PS = \cos KP . \cos KS + \sin KP . KS \cos \hat{PKS}$$

(அ-து) $\cos(90^\circ - \delta) = \cos\omega . \cos(90^\circ - \beta) + \sin\omega . \sin(90^\circ - \beta) \cos(90^\circ - \lambda)$

(அ-து) $\sin\delta = \cos\omega . \sin\beta + \sin\omega \cos\beta \sin\lambda$ ... (iv)

(i), (ii) ஆகிய தொடர்புகளால் α, δ ஐக் கொண்டு, β, λ ஆகியவற்றைக் காணலாம்.

(iii), (iv) தொடர்புகளால் λ, β ஐக் கொண்டு α, δ ஐக் காணலாம்.

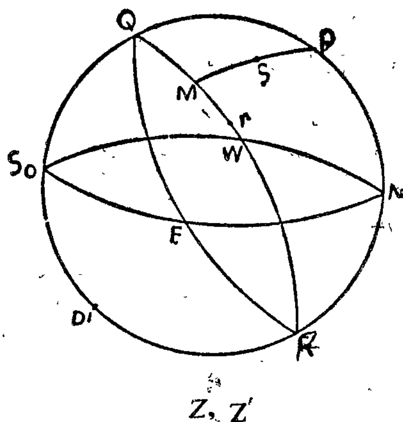
45. மீன்வழி நாளும், மீன்வழி நேரமும் (Sidereal day and Sidereal time)

மீன்வழி நாளைப்பற்றிய குறிப்புகள் முன்னரே கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. புவி அச்சைச் சுற்றி ஒருமுறை சுற்ற எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தை மீன்வழி நாள் என்று குறிப்பிடுகிறோம். ஒரு விண்மீன் மேலுச்சியையோ அல்லது கீழுச்சியையோ அடுத்தடுத் துக் கடக்கும் நேரங்களுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தை ஒரு மீன்வழி நேரம் என்று குறிப்பிடுவோம். விண்மீனுக்குப் பதிலாக மேட முதற் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்ளலாம். மேட முதற்புள்ளி வான நேருச்சிப் புள்ளியைக் கடக்கும்பொழுது மீன்வழி நாள் தொடங்கு வதாகக் கொள்ளலாம். இந்த நேரத்தை மீன்வழி நடுப்பகல் (Sidereral noon) என்றும், மேட முதற்புள்ளி வான நேர் கீழ்ப் புள்ளியைக் கடக்கும் நேரத்தை மீன்வழி நடு இரவு (Sidereal midnight) என்றும் சொல்வோம். ஆகவே, மீன்வழி நாள் அடுத் தடுத்த இரண்டு மீன்வழி நடுப்பகல்களுக்கோ, அல்லது இரண்டு அடுத்தடுத்த மீன்வழி நடு இரவுகளுக்கோ இடைப்பட்ட கால மாகும். மேட முதற்புள்ளி 360°ஐ 24 மீன்வழி மணிகளில் கடக்கிறது. ஆகவே, மேட முதற்புள்ளி 1 மீன்வழி மணியில் 15° ஐயும், 1 மீன்வழி நிமிடத்தில் 15′ ஐயும், 1 மீன்வழி நொடியில் 15″ஐயும் கடக்கிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். மீன்வழி நடுப்பகலிலிருந்து இக் குறிப்பிட்ட நேரம் வரை உள்ள காலத்தை 'மீன்வழி நேரம்' என்றழைக்கிறோம். இந்தக் காலம் 'γ'-ன் நேரக் கோணத்தை அந்நேரத்தில் கணக்கிட்டு அதை 15ஆல் வகுத்த விடைக்குச் சமம்.

46. ஓர் இடத்தில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் மீன்வழி நேரம் = விண்மீனின் வல ஏற்றம் ± அந்நேரத்தில் விண்மீனின் நேரக் கோணம் (Sidereal time at a given place at a given instant = R. A. of the star ± Hour angle of the star at that instant)

படத்தில் NS_0 தொடுவானம்; Z, Z' தொடுவானத்தின் அச்சு முனைகள். QR வான நடுவரை. P, P' வான துருவங்கள். 'γ' மேட முதற்புள்ளி. S ஒரு விண்மீன். PSM விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்துவட்டம்.



படம் 31.

γQ மீன்வழி நேரம் (t); γM விண்மீனின் வல ஏற்றம் R.A. (α); MQ விண்மீனின் நேரக்கோணம் (h) படத்தில்.

$$\gamma Q = \gamma M + MQ.$$

$$t = \alpha + h \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

விண்மீன் உச்சி வட்டத்தின் மேற்குப் பகுதியில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஆதலால், நேரக்கோணத்தை "மேற்கு நேரக்கோணம்" (Western hour angle) என்று சொல்வோம். விண்மீனை உச்சி வட்டத்தின் கிழக்குப் பகுதியில் எடுத்துக் கொள்வதாக இருந்தால்,

$$\gamma Q = \gamma M - MQ \text{ ஆகும்.}$$

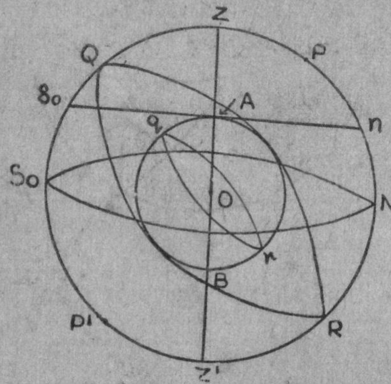
(அ-து) $t = \alpha - h \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$

மேற்கு நேரக் கோணத்தை 'மிகைக் கோணம்' என்றும், கிழக்கு நேரக் கோணத்தைக் 'குறைக் கோணம்' என்றும் கொண்டால், $t = \alpha \pm h$ என்று பெறலாம்.

குறிப்பு : உச்சி வட்டத்தின் மேல் விண்மீன் இருந்தால், $h = 0$ ஆகும். அப்பொழுது $t = \alpha$ ஆகும். எனவே, ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம், அது உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்பொழுதுள்ள மீன் வழி நேரத்திற்குச் சமம்.

47. ஓரிடத்தின் அகலாங்கு (Latitude of a place)

ஓரிடத்தின் அகலாங்கு, வட துருவத்தின் கோண வேற்றத்திற்குச் சமம் (Latitude of a place is equal to the altitude of the pole above the horizon of the place)



படம் 32.

படம் 32-ல், O புவிக் கோளத்திற்கும் வானக் கோளத்திற்கும் மையம்; A, B பூமியின் விட்டத்தின் எதிர்முனையிலுள்ள இடங்கள் (antipolar places); qr புவியின் நடுவரை; QR வான நடுவரை; Z, Z', A-ன் வான நேருச்சிப் புள்ளியும், வான நேர் கீழ்ப் புள்ளியுமாகும். ns_0, A-ல் போடப்பட்ட தொடுதளம். இதை A-ன் தொடுவானம் என்போம். ஆனால், புவியின் விட்டம் வானக் கோளத்தின் விட்டத்தோடு ஒப்பிடுகையில், மிக மிகச் சிறியதாகையால், NS_0 ம், ns_0-ம் ஒன்றன் மீது மற்றொன்று படிந்துள்ளதாகக் கொள்ளலாம்.

A என்ற இடத்தின் அகலாங்கு $= A\hat{O}q$

$= Z\hat{O}Q$

$= \overset{\frown}{ZQ}$

$= PQ - PZ$

$= 90^\circ - PZ$

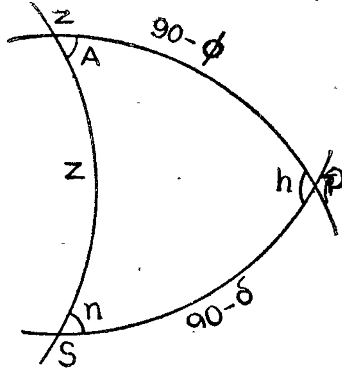
$= NZ - PZ$

$= NP$

= வட துருவத்தின் கோண ஏற்றம்.

குறிப்பு : ஓர் இடத்தின் அகலாங்கை φ என்ற எழுத்தால் குறிக்கின்றோம். ஆகவே, $PN = \varphi$. $ZP = 90° - \varphi$. ZP ஐ 'அகலாங்கின் நிரப்பி' (Co-latitude) என்று சொல்கிறோம். அகலாங்கின் நிரப்பி வான நடுவரைக்கும் தொடுவானத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணத்திற்குச் சமம்.

48. கோள முக்கோணம் ZPS



படம் 33.

படம் 33-ல்,

ZP — ஓரிடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பி

PS — விண்மீனின் துருவத் தூரம் ($90° - \delta$)

ZS — விண்மீனின் உச்சித் தூரம் (Z)

$\hat{ZPS}$ = நேரக் கோணம்.

$\hat{PZS}$ = விண்மீனின் திசை வில் (A)

$\hat{ZSP}$ = விழிக் கோட்ட வழுக் கோணம் (parallectic angle)

(a) ஒரு விண்மீனின் உச்சித் தூரமும் (Z), திசை வில்லும் (A) கொடுக்கப்பட்டால், நேரக் கோணம் (h)-ம், நடுவரை விலக்கமும் (δ) காணும் முறை :

ZPS என்ற கோள முக்கோணத்தில்,

$$\cos PS = \cos ZP \,.\, \cos ZS + \sin ZP \,.\, \sin ZS \cos \hat{PZS}$$

(அ-து) $\sin \delta = \sin \varphi \cos Z + \cos \varphi . \sin Z . \cos A$ ... (1)

(1) ஆவது சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, δ-ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

மேலும், ZPS என்ற கோள முக்கோணத்தில் ZP, $P\hat{Z}S$, ZS, $Z\hat{P}S$ என்ற நான்கு உருபுகளைப் பயன்படுத்தி,

$$\sin \varphi \cos A = \cos \varphi \cot Z - \sin A \cot h \quad ... \quad ... \quad (2)$$

(2) ஆவது சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி h-ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

(b) நேரக் கோணமும், நடுவரை விலக்கமும் கொடுக்கப்பட்டால், உச்சித் தூரம் (Z)-ம், திசைவில் (A)-ம் காணலாம்.

$$\cos ZS = \cos ZP \cos PS + \sin ZP \sin PS \cos ZPS$$

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta . \cos h \quad ... \quad ... \quad (3)$$

(3) ஆவது சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி 'Z'-ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

மேலும், ZP, $Z\hat{P}S$, PS, $P\hat{Z}S$ என்ற நான்கு உருபுகளைப் பயன்படுத்தி.

$$\sin \varphi \cos h = \cos \varphi \tan \delta - \sin h \cot A \quad ... \quad ... \quad (4)$$

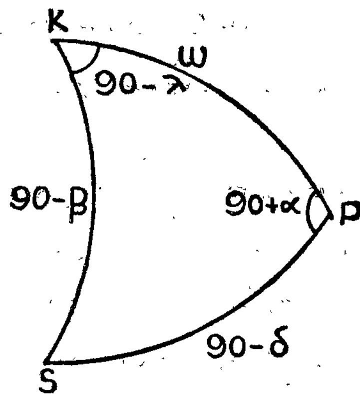
(4) ஆவது சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி 'A'-ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

(1) ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம், அதன் அகலாங்கிற்குச் சமமானால், அந்த விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் அதன் நெட்டாங்கிற்குச் சமமாக இருக்குமென நிறுவுக. (செ. ப)

KPS என்ற கோள முக்கோணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில்,

$$\frac{\sin(90^\circ - \beta)}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin(90^\circ - \delta)}{\sin(90^\circ - \lambda)}$$



படம் 33 (a).

$$\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = \frac{\cos\delta}{\cos\lambda}.$$

$\alpha = \beta$ ஆனால், $\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = 1$ ஆகும்.

$\therefore \quad \cos\delta = \cos\lambda$

$\therefore \quad \delta = \lambda.$

பயிற்சி 0

(1) (α_1, δ_1); (α_2, δ_2) என்பவை ஒரே நெட்டாங்குள்ள இரு விண்மீன்களின் வல ஏற்றங்களும் நடுவரை விலக்கங்களு மானால் அவைகளின் வல ஏற்றங்கள்

$$\sin^{-1}\{\tan\omega(\tan\delta_1\cos\alpha_2 - \tan\delta_2\cos\alpha_1\}$$

என்ற மதிப்புகளில் வேறுபடும் என நிறுவுக. (செ.ப.)

(2) α, δ ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றமும், நடுவரை விலக்கமு மாகவிருந்து, β, λ விண்மீனின் அகலாங்கும், நெட்டாங்குமாக விருக்கையில்

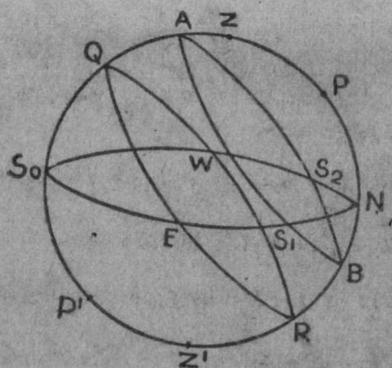
$$\cos\omega(\sin\beta\tan\alpha + \sin\delta\tan\lambda) = (\sin\beta\tan\lambda + \sin\delta\tan\alpha)$$

என நிறுவுக.

3. புவியின் தினசரி இயக்கத்தால் ஏற்படும் விளைவுகள்

(Problems connected with Diurnal Motion)

49. தோற்றமும் மறைவும் (Rising and setting)



படம் 34.

படம் 34-ல், NS_0 அடிவானம். QR வான நடுவரை. E, W கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள். AB, S என்ற விண்மீனின் தினசரிப் பாதை, S_1 என்பது தினசரிப் பாதை கிழக்குத் தொடுவானத்தைக் கடக்கும் இடம். S_2 என்பது தினசரிப் பாதை மேற்குத் தொடு வானத்தைக் கடக்கும் இடம்.

S_1 என்ற இடத்தில் விண்மீன் தோன்றுகிறது. S_2 என்ற இடத்தில் விண்மீன் மறைகிறது. தோன்றுமிடமும் மறையுமிடமும் தொடுவானத்தின்மேல் இருக்கும். அவ்விரு இடங்களின் உச்சித் தூரம் $90°$ ஆகும்.

50. விண்மீன் தோன்றும்போதோ மறையும்போதோ அதன் நேரக்கோணம் (Hour angle of a star at rising or at setting)

படம் 35.

படம் 35-ல் NS_0 அடிவானம்; Z, Z' வான நேருச்சிப் புள்ளியும் வான நேர்கீழ்ப் புள்ளியுமாகும். QR, வான நடுவரை. AB விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. S, விண்மீன் தோன்றுமிடம், P, P' வட, தென் துருவங்கள்.

S தொடுவானத்தின்மேல் இருப்பதால் $ZS = 90°$. $PS = 90° - \delta$,

$ZP = 90° - \varphi$; $P\hat{Z}S = A$, $Z\hat{P}S = h$

ZPS என்ற கோள முக்கோணத்தில் கொசைன் வாய்பாட்டின்படி, $\cos ZS = \cos ZP \cdot \cos PS + \sin ZP \cdot \sin PS \cos Z\hat{P}S$

(அ-து) $\cos 90° = \cos(90° - \varphi)\cos(90° - \delta) + \sin(90° - \varphi)\sin(90° - \delta)\cos h$.

(அ-து) $0 = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos h$.

$\therefore \cos\varphi \cos\delta \cos h = -\sin\varphi \sin\delta$.

(அ-து) $\cos h = -\dfrac{\sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}$

$= -\tan\varphi \tan\delta$.

இங்கு, h கிழக்கு நேரக் கோணம் என்பதைக் கவனிக்கவும்.

குறிப்பு 1 : படத்தில் S விண்மீன் தோன்றுமிடமாகக் கொண்டுள்ளோம். அதற்குப் பதிலாக S' என்ற மறைவிடத்தை எடுத்துக்கொண்டால், (S' படத்தில் குறிக்கப்படவில்லை) $Z\hat{S}' = 90°$ $Z\hat{P}S' = 90° - \delta$, $Z\hat{P}S' = R$ (மேற்கு நேரக்கோணம்); $ZP = 90° - \varphi$ ஆகும். அப்பொழுதும் $\cos h = -\tan\varphi \tan\delta$ என்றாகும், ஆகவே, விண்மீன் தோன்றும் போதோ, மறையும் போதோ, h என்பது அதன் நேரக்கோணமாதலால் $\cos h = -\tan\varphi \tan\delta$ ஆகும்.

குறிப்பு 2 : விண்மீன், S என்ற தோன்றுமிடத்திலிருந்து A என்ற மேலுச்சிக் கடத்தலிடத்திற்குச் செல்லும் நேரம் $\frac{h}{15}$ ஆகும். அதேபோல, மேலுச்சிக் கடத்தலிலிருந்து மறையுமிடத்திற்கு வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமும் $\frac{h}{15}$ ஆகும். ஆகவே, விண்மீன் தொடுவானத்திற்குமேல் $\frac{2h}{15}$ மணி நேரம் இருக்கும். ஒரு நாளைக்கு 24 மணிகள் எனக் கொண்டால், விண்மீன் தொடுவானத்திற்குக் கீழ் $\left(24 - \frac{2h}{15}\right)$ மணிகள் இருக்கும் என அறியலாம்.

குறிப்பு 3 : விண்மீன் உச்சியைக் கடக்கும் நேரம், அவ் விண்மீன் தோன்றும் நேரம், மறையும் நேரம் ஆகியவற்றின் கூட்டிடை ((Arithmetic mean) ஆகும்.

குறிப்பு 4 : விண்மீன் நடுவரைக்குத் தெற்கில் இருந்தால், δ, எதிரிடை மதிப்புடையதாகும். அப்பொழுது $PS = 90 + \delta$ ஆகும். அப்பொழுது $\cos h = \tan\varphi \tan\delta$ ஆகும். வாய்பாட்டைப் பொதுப் படையாக $\cos h = -\tan\varphi \tan\delta$ என்று எடுத்துக் கொண்டால் நடுவரையின் வடக்கில் அமையும் விண்மீனுக்கு δ ஐ மிகையாகவும் நடுவரைக்குத் தெற்கில் அமையும் விண்மீனுக்கு δ ஐக் குறையாகவும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

51. விண்மீன் தோன்றும் போதோ, மறையும் போதோ அதன் திசை வில் (Azimuth of a star at rising or at setting.)

மேலே குறிக்கப்பட்டுள்ள படத்தில் (படம் 35), ZPS என்ற கோள முக்கோணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். கொசைன் வாய்பாட்டின் படி,

$$\cos PS = \cos ZS \cos ZP + \sin ZS \sin ZP \cos P\hat{Z}S.$$

(அ-து) $\cos(90°-\delta) = \cos 90° \cos(90°-\varphi) + \sin 90° \sin(90°-\varphi)\cos A$

(அ-து) $\sin\delta = \cos\varphi \cos A$

$\cos A = \sin\delta \sec\varphi.$

குறிப்பு 1 : விண்மீன். மறையும் நிலையை எடுத்துக்கொண்டாலும், $\cos A = \sin\delta \sec\varphi$ என்றுதான் ஆகும்.

குறிப்பு 2 : விண்மீனை வானநடுவரைக்குத் தெற்கில் எடுத்துக் கொண்டால், δ-க்குப் பதிலாக. $-\delta$ ஐ ஈடு செய்வோம்.

அப்பொழுது,

$\cos A = \sin(-\delta)\cos\varphi$ ஆகும்.

அதாவது, $\cos A = -\sin\delta \sec\varphi$ ஆகும்.

52. பகல் நேரக் காலத்தைக் கண்டறியும் முறை (Method of finding duration of day time)

பகல் நேரக் காலம் ஞாயிறு தொடுவானத்திற்கு மேலே இருக்கும் காலமாகும். ஏதானுமோர் இடத்தில் பகல் நேரக் காலத்தைக் கணக்கிடுவோம். அந்த இடத்தின் அகலாங்கு φ ஆகட்டும். எந்த நாளுக்குப் பகல் நேரம் கணக்கிடுகிறோமோ. அந்த நாளில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆகட்டும். ஞாயிறு தோன்றும் போது அதன் நேரக் கோணம் 'h' ஆகட்டும்.

$\therefore h = \cos^{-1}[-\tan\varphi \tan\delta]$ ஆகும்.

ஞாயிறு தோன்றியதிலிருந்து மறையும் வரையுள்ள இடைக் காலம் $= \frac{2h}{15}$ மணிகள்.

ஆகவே பகல் நேரக் காலம்

$$= \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\varphi \tan\delta) \text{ மணிகள்}$$

குறிப்பு : இரவு நேரக் காலம் (அந்தக் குறிப்பிட்ட நாளில்)

$$= 24^h - \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\varphi \tan\delta) \text{ மணிகள்.}$$

53. தோற்ற ஞாயிறும், ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நேரமும் (Apparent sun sud apparent solar time)

ஓரிடத்தில் ஞாயிறு மேலுச்சியைக் கடக்கும் நேரத்தை அவ்விடத்தின் 'தோற்ற நண்பகல்' (apparent noon) என்றும், ஞாயிறு கீழுச்சியைக் கடக்கும் நேரத்தைத் தோற்ற நள்ளிரவு' (apparent midnight) என்றும் அழைக்கின்றோம். அடுத்துள்ள இரண்டு தோற்ற நள்ளிரவுகளுக்கிடைப்பட்ட காலத்தை ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நாள் (apparent solar day) என்றழைக்கின்றோம். ஒரு ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நாளை 24 மணிகளாகவும் ஒரு மணியை 60 நிமிடங்களாகவும், ஒரு நிமிடத்தை 60 வினாடிகளாகவும் பிரித்துள்ளோம். நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் நேரம், ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நேரமேயாகும். ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நேரத்தை, தோன்றிய நள்ளிரவிலிருந்து கணக்கிடுகிறோம்.

ஓரிடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் தோற்ற நண்பகல் நேரத்தில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் $\alpha^{ம}$ எனக் கொள்வோம். அப்பொழுது மீன்வழி நேரம் $t^{ம}$ ஆக இருக்கட்டும். $t = \alpha$ என நாம் அறிவோம். அதற்கடுத்த நாளில் தோற்ற நண்பகல் நேரத்தில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் தோராயமாக $\alpha^{ம} + 1^{\circ}$ என்றறிவோம். அதாவது $\alpha^{ம}$ $4^{நி}$ ஆகும். அப்பொழுது மீன்வழி நேரம் $t'^{ம}$ ஆக இருக்கட்டும்

$$\therefore \; t'^{ம} = \alpha^{ம} \; 4^{நி}.$$

அடுத்தடுத்து வரும் இரண்டு தோற்ற நண்பகல்களுக்கிடையே உள்ள காலம் ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நாளாகும். எனவே, ஞாயிற்று வழித் தோறற நாள் மீன்வழி நாளைவிட 4 நிமிடங்கள் அதிகமாகும். அதாவது,

ஒரு ஞாயிற்று வழித் தோற்ற நாள் = 1 மீன்வழி நாள் + நான்கு மீன்வழி நிமிடங்கள்.

ஒரு ஞாயிற்று வழித்தோற்ற நாள்

= ஒரு மீன்வழி நாள் + நாள்தோறும் ஏற்படும் ஞாயிற்றின் வல ஏற்ற உயர்வு.

மேலும் $365\frac{1}{4}$ ஞாயிற்று வழித்தோற்ற நாள்

= $366\frac{1}{4}$ மீன்வழி நாள்.

= ஓராண்டு எனவும் அறியலாம்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள் :

1. தோன்றும் (அல்லது மறையும்) விண்மீனின் நேரக் கோணம் 'h' ஆயின்,

$$2\cos^2\frac{h}{2} = \sec\varphi\ \sec\delta\ \cos(\varphi+\delta) \text{ என்றும்,}$$

$$2\sin^2\frac{h}{2} = \sec\varphi\ \sec\delta\ \cos(\varphi-\delta) \text{ என்றும் காண்க.}$$

இங்கு 'φ'ஐ ஓரிடத்தின் அகலாங்கு எனவும், 'δ' ஐ வான நடுவரை விலக்கம் எனவும் கொள்க. (செ ப.)

வாய்பாட்டின் மூலமாக,

$\cos h = -\tan\varphi\ \tan\delta$ என்றறிவோம்.

(அ-து) $2\cos^2\frac{h}{2} - 1 = -\tan\varphi\ \tan\delta$

$$2\cos^2\frac{h}{2} = 1 - \frac{\sin\varphi\ \sin\delta}{\cos\varphi\ \cos\delta}$$

$$= \frac{\cos\varphi\ \cos\delta - \sin\varphi\ \sin\delta}{\cos\varphi\ \cos\delta}$$

$$= \frac{\cos(\varphi+\delta)}{\cos\varphi\ \cos\delta}$$

$$\therefore\ 2\cos^2\frac{h}{2} = \sec\varphi\ \sec\delta\ \cos(\varphi+\delta) \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

மேலும் $\cos h = 1 - 2\sin^2\frac{h}{2}$ எனவும் கொள்ளலாம்.

$$\therefore\ 1 - 2\sin^2\frac{h}{2} = -\tan\varphi\ \tan\delta$$

$$\therefore\ 2\sin^2\frac{h}{2} = 1 + \tan\varphi\ \tan\delta$$

$$= 1 + \frac{\sin\varphi\ \sin\delta}{\cos\varphi\ \cos\delta}$$

$$= \frac{\cos \varphi \cos \delta + \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$= \frac{\cos (\varphi - \delta)}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$\therefore \quad 2 \sin^2 \frac{h}{2} = \sec \varphi \sec \delta \cos (\varphi - \delta) \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

2. ஓரிடத்தின் அகலாங்கு 45° (வடக்கு) ஆகவிருந்து ஞாயிறு தொடுவானத்தின்மேற்பகுதியில் 8 மணி நேரம் இருந்தால், அன்றைய நாளில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் தென்பகுதியைச் சார்ந்ததென்றும், அதன் மதிப்பு $\tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$ எனவும் காண்க.

(செ. ப.)

இடத்தின் அகலாங்கு $= 45°N.$

பகற்காலம் = 8 மணிகள்.

(அ-து) வாய்பாட்டின் மூலமாக

பகற்காலம் $= \frac{2h}{15}$ மணிகள் என அறிவோம்.

$$\therefore \quad \frac{2h}{15} = 8$$

(அ-து) $2h = 120°$

$$\therefore \quad h = 60°$$

வாய்பாட்டின் மூலமாக

$$\cos h = -\tan \varphi \tan \delta$$

$$\cos 60° = -\tan 45° \tan \delta.$$

$$\frac{1}{2} = -\tan \delta$$

$$\therefore \quad \tan \delta = -\frac{1}{2}.$$

$\tan \delta$-ன் மதிப்பு குறையெண்ணாக (negative) இருப்பதால், நடுவரை விலக்கம் தென்பகுதியில் அமையும் என்றும் அதன் மதிப்பு $\tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$ எனவும் அறியக்கூடும்.

8. ஓர் இடத்தின் வட அகலாங்கு φ ஆகவும், அங்கு ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $15°$ தெ. ஆகவும் இருந்து, ஞாயிறு நடுப்பகல் நேரத்திற்கு இரண்டு மணிகள் முன்னதாகத் தோன்றினால் $\phi = \tan^{-1}\sqrt{3}\ (2 + \sqrt{3}) \div 2$ என்று காண்பிக்கவும். (செ. ப.)

இடத்தின் அகலாங்கு $= \varphi°$ தெ.

ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கக் கோணம் $= 15°$ தெ.

ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் (தோன்றும்போது) $= 30°$

வாய்பாட்டின் மூலமாக

$\cos h = \tan \varphi \tan \delta$ (δ தென் நடுவரை விலக்கம்)

$$\therefore \quad \cos 30° = \tan \varphi \tan 15° \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (1)$$

$$\tan 15° = \tan (45° - 30°)$$

$$= \frac{\tan 45° - \tan 30°}{1 - \tan 45° \tan 30°}$$

$$= \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{3}}}{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} - 1}{\sqrt{3} + 1}$$

$$= \frac{(\sqrt{3} - 1)(\sqrt{3} + 1)}{3 - 1} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (2)$$

$$= 2 - \sqrt{3}$$

$$= \frac{1}{2 + \sqrt{3}}$$

(2) ஐ, (1)-ல் பயன்படுத்த

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \tan \varphi \cdot \frac{1}{2 + \sqrt{3}}$$

$$\therefore \quad \tan \varphi = \frac{\sqrt{3}\ (2 + \sqrt{3})}{2}$$

(4) S_1, S_2, S_3 ஆகிய மூன்று விண்மீன்களின் வல ஏற்றம் ஒரே மதிப்புடையதாகவும், இவற்றின் நடுவரை விலக்கங்கள் முறையே $-\delta, 0, +\delta$ ஆகவும் இருப்பின், S_1, S_2 ஆகியவை தோன்றும் நேரங்களுக்கு இடைப்பட்ட காலம், S_2, S_3 ஆகியவை தோன்றும் நேரங்களுக்கு இடைப்பட்ட காலத்திற்குச் சமம் என்று நிறுவுக. (செ. ப.)

S_1, S_2, S_3 என்ற விண்மீன்கள் தோன்றும்போது அவற்றின் நேரக் கோணங்கள் முறையே h_1, h_2, h_3 ஆக இருக்கட்டும். அவற்றின் நடுவரை விலக்கங்கள் முறையே $-\delta, 0, +\delta$ ஆகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. 'φ' என்பது ஓரிடத்தின் அகலாங்காக இருக்கட்டும். வாய்பாட்டின் மூலமாக

$$\cos h_1 = -\tan\varphi \tan(-\delta) = \tan\varphi \tan\delta.$$

$$\cos h_2 = 0 \quad (\because \ \delta = 0)$$

$$\cos h_3 = -\tan\varphi \tan\delta.$$

$$\therefore \ \cos h_1 + \cos h_3 = 0.$$

$$(\text{அ - து}) \quad 2\cos\frac{h_1 + h_3}{2} \cdot \cos\frac{h_1 - h_3}{2} = 0.$$

$$(\text{அ - து}) \quad \cos\frac{h_1 + h_3}{2} = 0. \left(\because \ \frac{h_1 - h_3}{2} \neq 90^\circ\right)$$

$$\therefore \ h_1 + h_3 = 180^\circ$$

மேலும் $\cos h_2 = 0$ ஆதலால், $h_2 = 90^\circ$

$$\therefore \ h_1 + h_3 = 2h_2$$

விண்மீன்களின் வல ஏற்றம் 'α' ஆக இருக்கட்டும். t_1, t_2, t_3 முறையே அவை தோன்றும்போது அவற்றின் மீன்வழி நேரமாகட்டும்.

வாய்ப்பாட்டின் மூலமாக

$$h_1 = t_1 - \alpha$$

$$h_2 = t_2 - \alpha$$

$h_3 = t_3 - \alpha$ என்று ஆகும்.

$$\therefore \quad (t_1 - \alpha) + (t_3 - \alpha) = 2(t_2 - \alpha)$$

$$t_1 + t_3 = 2t_2$$

$$\therefore \quad t_1 - t_2 = t_2 - t_3$$

5. இரண்டு விண்மீன்கள் தோன்றும்போது அவற்றின் திசை விற்கள் மிகை நிரப்பிகளானல், நடுவரை விலக்கங்கள் அளவில் சமமாகவும், ஆனல், குறியில் வேறுபட்டு இருக்குமெனவும், ஒரு விண்மீன் தொடுவானத்திற்குமேல் எவ்வளவு காலம் இருக்குமோ அவ்வளவு நேரம் மற்ற விண்மீன் தொடுவானத்திற்குக் கீழ்ப் பகுதியில் இருக்குமெனவும் காண்பிக்கவும். (செ. ப.)

δ, δ' ஆகியவை விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கங்களாகவும், A, A' அவற்றின் திசை விற்களாகவும், h, h' அவை தோன்றும் போது அவற்றின் கிழக்கு நேர்க் கோணங்களாகவும் இருக்கட்டும்.

வாய்பாட்டின் மூலமாக

$$\sin \delta = \cos \varphi \cos A \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$\sin \delta' = \cos \varphi \cos A' \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

ஆனல் $A' = \pi - A$ (கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

$$\therefore \quad \sin \delta' = \cos \varphi \cos (\pi - A)$$

$$= \cos \varphi \cos A \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

(1) ஐயும், (3)ஐயும் ஒப்பிட,

$$\sin \delta' = -\sin \delta$$

$$= \sin(-\delta)$$

$$\therefore \quad \delta' = -\delta.$$

மேலும், வாய்பாட்டின் மூலமாக

$$\cos h = -\tan \varphi \tan \delta$$

$$\cos h' = -\tan \varphi \tan \delta'$$

$$= \tan \varphi \tan \delta$$

$$\therefore \quad \cos h + \cos h' = 0.$$

(அ-து) $2\cos\frac{h+h'}{2}\cos\frac{h-h'}{2}=0$

$\therefore\ h+h'=\pi$

$\frac{2h}{15}+\frac{2h'}{15}=\frac{2\pi}{15}=24^{\text{ம}}$

$\therefore\ \frac{2h}{15}=24^{\text{ம}}-\frac{2h'}{15}$

பயிற்சி 1

1. கீழ் வரும் சொற்களுக்கு வரையறை விளக்கம் கூறுக :

(i) திசைவில் (ii) கோண ஏற்றம்
(iii) நேரக் கோணம் (lv) நடுவரை விலக்கம்
(v) வல ஏற்றம் (vi) வான நெட்டாங்கு
(vii) வான அகலாங்கு (viii) வான நடுவரை
(ix) வான உச்சி வட்டம்
(x) நடுவரைக் குத்து வட்டங்கள்
(xi) முதனிலைக் குத்து வட்டம்
(xii) ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை
(xiii) சம இரவுப் புள்ளிகள்
(xiv) ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலைகள்
(xv) வானத் துருவ வட்டம்
(xvi) மீன் வழி நாள்
(xvii) கடத்தற் புள்ளிகள்
(xviii) தினசரி இயக்கம்.

2. வானக் கோளத்தின் மேல் வானப் பொருட்களின் இருப்பிடங்களைக் குறிப்பிட உதவும் பலவகையான வானக் கூறுகளை வரை படங்களுடன் விளக்குக. அவற்றுள் எவை எளிதில் பயன்படக் கூடியவை என ஆராய்க. (செ. ப.)

3. ஓரிடத்தில் துருவத்தின் கோண ஏற்றம் அவ்விடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமம் என நிரூபிக்கவும். (செ. ப.)

4. ஞாயிற்றுக்குத் தன் ஆண்டு இயக்கத்தின் போது, வல ஏற்றம், நெட்டாங்கு, அகலாங்கு, நடுவரை விலக்கம் முதலியன வற்றுள் ஏற்படும் மாறுதல்களை எழுதுக. (செ. ப.)

5. ஓரிடத்தில் மீன்வழி நேரம் = வல ஏற்றம் ± விண்மீனின் நேரக் கோணம் என நிரூபி. (செ. ப.)

6. வழக்கமான குறியீட்டு முறைகளுடன்,

(i) $\cos h = -\tan \varphi \tan \delta$

(ii) $\cos A = \quad \sin \delta \sec \varphi$ என்ற வாய்பாடுகளை நிரூபி. (செ. ப.)

7. வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும் கொடுக்கப்பட்டால் வானப் பொருளின் நெட்டாங்கையும் அகலாங்கையும் காண உதவும், கீழ்க்கண்ட வாய்பாடுகளை நிறுவுக.

(i) $\sin \beta = \cos \omega \sin \delta - \sin \omega \cos \delta \sin \alpha$

(ii) $\cos \beta \cos \lambda = \cos \alpha \cos \delta$

8. விண்மீனின் வல ஏற்றம் அதன் அகலாங்கிற்குச் சமமெனில் அதன் நெட்டாங்கு நடுவரை விலக்கத்திற்குச் சமம் எனக் காண்பி.

9 ○ ஞாயிற்றின் நெட்டாங்காகவும், α, δ அதன் வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கக் கோணமுமானால்

(i) $\cos \bigcirc = \cos \alpha \cos \delta$

(ii) $\sin \bigcirc = \sin \delta \operatorname{cosec} \omega$

(iii) $\cos \omega = \tan \alpha \cot \bigcirc$ என நிரூபி.

10. ஒரு விண்மீனின் வானக் கூறுகள் (α, δ) ஆகில், அதன் தோற்ற மறைவு மீன்வழி நேரங்கள்

$\alpha \pm \frac{1}{15} \cos^{-1} (-\tan \varphi \tan \delta)$ எனக் காண்பி. (செ. ப.)

11. ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு $11°$ தெ. எனில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $\delta = +20°$ ஆக இருக்கும்பொழுது பகற் கால அளவைக் கண்டு பிடிக்கவும். (செ. ப.)

12. ஒரு விண்மீனின் நேரக் கோணம் 'h' ஆனால்

$\tan^2 \frac{h}{2} = \frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos(\varphi + \delta)}$ எனக் காண்க. (செ. ப.)

13. ஒரு விண்மீன் (α, δ) வட கிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றுவதாகக் காணப்படுகிறது. அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

மற்றொரு இடத்தின் அகலாங்கு 45° ஆக இருந்து, விண்மீன் அதே போலத் தோன்றினால் அதன் நடுவரை விலக்கம் (δ) எவ்வளவு?

14. ஓரிடத்தின் அகலாங்கு 45°. ஒரு விண்மீன் தோன்றும் பொழுது அதன் நேரக் கோணம் 120°. அது நேர் கிழக்கில் இருக்கும்பொழுது அதன் நேரக் கோணம் 60° எனக் காண்க.

(அ. ப.)

15. இரண்டு விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கங்கள் δ, δ' ஆக இருந்து, அவை ஒரே நேரத்தில் தோன்றி, முதல் விண்மீன் உச்சி வட்டத்தை அடையும்போது, இரண்டாவது மறைந்தால்,

$$\tan\varphi \tan\delta = 1 - 2\tan^2\varphi \tan^2\delta'$$

என நிரூபிக்கவும். (செ. ப.)

16. α ஞாயிற்றின் முதனிலைக் குத்து வட்டத்தின்மேல் உள்ள கோண ஏற்றமாகி, φ அந்த இடத்தின் அகலாங்காகவும், $\odot$ ஞாயிற்றின் நெட்டாங்காகவும் இருப்பின்

$$\sin\varphi = \sin\odot \sin\omega \operatorname{cosec}\alpha$$ எனக் காண்பி.

17. ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆக இருந்து, அதன் திசைவில் A ஆக இருக்கும்பொழுது நேரக் கோணம் H ஆகவும், திசைவில் $180^\circ + A$ ஆக இருக்கும்பொழுது நேரக் கோணம் H' ஆகவும் இருந்தால், அவ்விடத்தின் அகலாங்கு 'φ' ஐ

$$\tan\varphi \cos\frac{H' - H}{2} = \tan\delta \cos\frac{H + H'}{2}$$

என்ற சமன்பாட்டின் வாயிலாகக் காணலாம் என நிரூபி. (செ.ப.)

18. ஒரு விண்மீனின் கோண ஏற்றம் ஓரிடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமமானால் நேரக் கோணமும், திசை வில்லும் முறையே,

$$\cos^{-1}\left[\tan\phi \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\delta}{2}\right)\right]$$ என்றும்,

$$2\sin^{-1}\left[\sec\phi \sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\delta}{2}\right)\right]$$ என்றும் நிரூபி. (செ.ப.)

19. இரண்டு விண்மீன்களின் வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும் முறையே (α_1, δ_1); (α_2, δ_2) ஆனால். அவற்றின் வல ஏற்றங்கள் $\sin^{-1} \{ \tan \omega (\tan \delta_1 \cos \alpha_2 - \tan \delta_2 \cos \varphi_1 \}$ என்ற மதிப்பில் வேறுபடும் என நிரூபி. (செ. ப.)

20. ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம், அகலாங்கு ஆகியவை முறையே α, $\odot$ ஆனால், $\sin (\odot - \alpha) = \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin (\odot + \alpha)$ என நிரூபி. (ω ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதையின் சாய்வு).
(செ. ப)

54. காலை விண்மீன்களும் மாலை விண்மீன்களும் (Morning stars and Evening stars)

S_1, S_2 என்ற இரண்டு விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கங்கள் சமமாக இருக்கட்டும்.

அப்பொழுது வானில் அவற்றின் தினசரி இயக்கப்பாதை ஒன்றாகவே அமையும். அவை கிழக்குத் தொடுவானத்தில் ஒரே புள்ளியில் தோன்றும்; மேற்கு வானத்தில் ஒரே இடத்தில் மறையும். அவை தொடுவானத்தின் மேற்பகுதியில் நிலவும் காலமும் சமமாகவே இருக்கும்.

S_2-ன் வல ஏற்றம், S_1-ன் வல ஏற்றத்தைவிட 10° அல்லது 40 நி. அதிகமாக இருக்கட்டும். விண்மீன்கள் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரத்தில் அவற்றின் வல ஏற்றமும், மீன்வழி நேரமும் சமம் என்று கண்டோம். ஆகையால் S_2 ஐக் காட்டிலும், S_1, 40 நி. முன்னரே உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும். S_1, S_2 ஐவிட முன்னரே தோன்றி முன்னரே மறையும்.

S_2 ஞாயிறாகவும், S_1 விண்மீனாகவும் இருப்பின், S_1 ஐக் காலை விண்மீன் (morning star) என்று சொல்வோம். ஞாயிற்றைவிட 40 நி. முன்னரே, அதே இடத்தில் S_1 தோன்றும்.

ஆகவே, காலை விண்மீன்களுக்குரிய நிபந்தனைகள் யாவையெனில்,

(i) ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கத்திற்குச் சமமான நடுவரை விலக்கம் உடையதாக இருக்கவேண்டும்.

2. விண்மீனின் வல ஏற்றம், ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தை விடச் சுமாராக 10° அல்லது 40 நி. குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

S_2 விண்மீனாகவும், S_1 ஞாயிருகவும் இருந்தால், S_1 மறைந்த பின்னர் அதே இடத்தில் S_2 மறையும். S_2 ஐ 'மாலை விண்மீன்' எனச் சொல்வோம். மாலை விண்மீனுக்குரிய நிபந்தனைகள் யாவையெனில்,

(i) ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கமும், விண்மீனின் நடுவரை விலக்கமும் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

(2) மீனின் வல ஏற்றம், ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தைக் காட்டிலும் சுமாராக 10° அல்லது 40 நி. அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்.

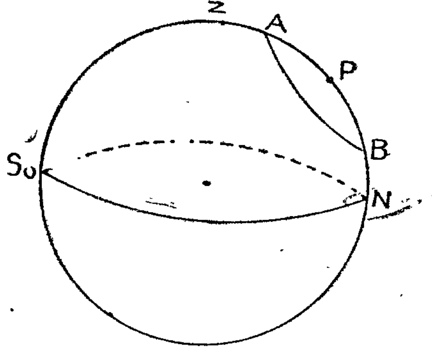
மாலை விண்மீன்கள், காலை விண்மீன்கள் ஆதலைக் காணலாம். ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் ஓராண்டில், நாளுக்கு நாள் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கிறது. ஏதாவது ஒரு நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம், அதன் தோற்றப் பாதைக்கு அருகிலுள்ள விண்மீனின் வல ஏற்றத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். பத்து நாட்களுக்கு ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் விண்மீனில் வல ஏற்றத்தைக் காட்டிலும் 10° குறைவாக இருந்து, விண்மீன் 'மாலை விண்மீனாக' இருந்திருக்கும். 10 நாட்களுக்குப் பின்னர், ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் விண்மீனின் வல ஏற்றத்தை விட 10° அதிகமாக இருந்து விண்மீன் காலை விண்மீனாக மாறுவதைக் காணலாம். இந்த நிகழ்ச்சியைக் கொண்டு ஞாயிறு, விண்மீன்களுக்கிடையே கிழக்கு நோக்கி இடம் பெயர்வதை நிரூபிக்க முடிகிறது.

55. மறையா விண்மீன்கள் (Circumpolar stars)

விண்மீன் மறைவதோ, மறைந்தபின் மீண்டும் தோன்றுவதோ, அம்மீன் தொடுவானத்தைக் கடந்தால்தான் நிகழும். சில விண்மீன்கள் தொடுவானத்தைக் கடப்பதே இல்லை. அவை என்றும் தொடுவானத்திற்கு மேற்பகுதியிலோ, அல்லது தொடுவானத்திற்குக் கீழ்ப்புறமாகவோ மட்டுமே இயங்குகின்றன. ஆதலால் அவை தோன்றுவதும் மறைவதும் கிடையாது. அவ்வாறான விண்மீன்களை அவ்விடத்தில் இயங்கும் 'மறையா விண்மீன்கள்' என்று சொல்லுவோம். வான நடுவரைக்கு வடபகுதியில் நிலவும் மறையா விண்மீன்கள் 'வட பகுதி மறையா விண்மீன்கள்' (north circumpolar stars) எனவும், வான நடுவரையின் தென்பகுதியில் நிலவும் விண்மீன்களை 'தென் பகுதி மறையா விண்மீன்கள்' (south circumpolar stars) எனவும் அழைக்கின்றோம்.

மற்ற விண்மீன்களை - அதாவது தோன்றி மறையும் விண்மீன்களை - 'தினசரி இயக்கத்திற்குட்பட்ட விண்மீன்கள்' (diurnal stars) எனச் சொல்கிறோம்.

56. மறையா விண்மீன்களுக்குரிய நிபந்தனைகள் (Conditions for circumpolar stars)



படம் 36.

படம் 36-ல் NS ஓரிடத்தின் தொடுவானமாகட்டும். 'ϕ' அந்த இடத்தின் அகலாங்கு ஆகட்டும். AB என்பது வடபகுதி மறையா விண்மீன் ஒன்றின் தினசரிப் பாதையாகட்டும். மறையா விண்மீனின் தினசரி இயக்கப் பாதையின் கீழ் உச்சிக் கடத்தற் புள்ளி (lower culmination point) N-க்கு மேலேயே அமைவதால், விண்மீன் அடிவானத்தைக் கடப்பதில்லை. எனவே அது மறையா விண்மீன் ஆகும். விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆக இருக்கட்டும். படத்தில் PB = விண்மீனின் வட துருவத் தூரம் $= 90° - \delta$.

PN, வடதுருவத்தின் கோண ஏற்றம். அது அந்த இடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமம். ஆகவே, $PN = \phi$. விண்மீன் மறையா விண்மீனாக இருந்தால்,

$$PB \leqslant PN$$

$$90° - \delta \leqslant \phi$$

$$90° - \phi \leqslant \delta$$

i.e. $\delta \geqslant 90° - \phi$

ஆகவே, ஒரு விண்மீன் 'வடபகுதி மறையா விண்மீனா'க இருக்க, அதன் நடுவரை விலக்கம் (North declination) அவ்விடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பிக்குச் சமமாகவோ அல்லது அதை விட அதிகமாகவோ இருத்தல் வேண்டும்.

இதேபோலத் தென்பகுதி மறையா விண்மீனையும் ஆராயலாம். அப்பொழுது விண்மீனின் தென்துருவத் தூரம் (South polar distance) அவ்விடத்தின் அகலாங்கத்துக்குச் சமமாகவோ அல்லது அதைக் காட்டிலும் குறைந்தோ இருத்தல் வேண்டும்.

57. ஒருநாளில் விண்மீனின் திசை வில்லில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Variations in the azimuth of a star in the course of a day)

படம் 37-ல் AB விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. A மேலுச்சிக் கடத்தலிடம். B கீழ் உச்சிக் கடத்தலிடம். NS_0 ஓரிடத்தின் தொடுவானம். Z நேருச்சிப் புள்ளி. EZW முதனிலைக் குத்து வட்டம்.

படம் 37.

தினசரிப் பாதை உச்சி வட்டத்தை A, B என்ற புள்ளிகளில் சந்திக்கின்றது. மேலுச்சிக் கடத்தற்புள்ளி A, நேருச்சிப் புள்ளிக்குத் தெற்காக அமைந்துள்ளது. இங்கு விண்மீன் A-ல் தெற்கில் உள்ளது என்கிறோம். B-ல் விண்மீனின் திசை வில் 0 ஆகும். விண்மீன் B-லிருந்து A-க்கு நகரும்பொழுது திசை வில் அதிகரிக்கிறது. A-ல் திசை வில் 180° ஆகும். A-லிருந்து B-க்குச் செல்லுகையில் திசை வில் 180°-லிருந்து 360°-க்கு அதிகரிக்கிறது. ஆகவே ஒருநாளில் விண்மீனின் திசை வில் (மேலுச்சிக் கடத்தற் புள்ளி தெற்கில் இருக்கும்போது) 0°-லிருந்து 360° வரை மாறுதல் அடைகிறது.

மேலுச்சிக் கடத்தற்புள்ளி தெற்கில் அமைவதால்,

$$PA > PZ$$

(அ-து) $90° - \delta > 90° - \phi$

(அ-து) $\phi < \delta$

அதாவது விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம், ஓரிடத்தின் அகலாங்கை விடக் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

எனவே, ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் ஓரிடத்தின் அகலாங்கை விடக் குறைவாக இருந்தால், அவ்விடத்தில் விண்மீனின் திசை வில் 0° முதல் 360° வரை மாறுதலடையும்.

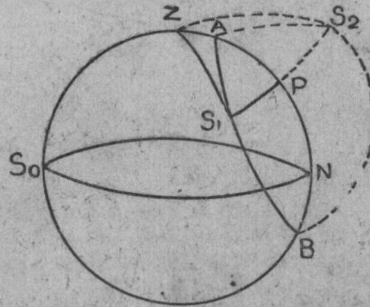
விண்மீனின் தினசரிப் பாதை உச்சி வட்டத்தை நேருச்சிப் புள்ளிக்கும், வட துருவத்திற்கும் இடையே சந்தித்தால் அப்பொழுது மேலுச்சிக் கடத்தற் புள்ளி நேருச்சிப் புள்ளிக்கும் இடையே அமையும்.

அப்பொழுது $PA < PZ$.

(அ-து) $90^\circ - \delta < 90^\circ - \phi$

(அ-து) $\delta > \phi$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

K-79



படம் 38.

விண்மீன் தினசரிப் பாதையில் A-ல் அமையும்பொழுது, அதன் திசை வில் 0°. பின்னர் விண்மீன் தினசரிப் பாதையில் நகர்ந்து S_2 நிலைக்கு வரும்பொழுது அதன் மேற்குத் திசை வில் $\widehat{PZS_2}$ ஆக அதிகரிக்கிறது. காலப் போக்கில், விண்மீன் B என்ற நிலைக்கு வரும்பொழுது அதன் திசை வில் மீண்டும் 0° ஆகிறது. B-லிருந்து A-க்குச் செல்லுகையில் S_1 நிலையை அடையும் பொழுது அதன் அடிவானத் தூரம் 0°-லிருந்து $\widehat{PZS_1}$ ஆக அதிகரிக்கிறது. மறுபடியும் A-க்கு வரும்பொழுது அடிவானத் தூரம் 0° ஆகிறது.

PS_1Z, PS_2Z என்ற இரு முக்கோணங்களில் $P\hat{S_1}Z = P\hat{S_2}Z = 90°$; $PS_1 = PS_2$; PZ பொதுவானது, இரு முக்கோணங்களும் சர்வசமம் ஆதலால்

$$P\hat{Z}S_1 = P\hat{Z}S_2$$

முக்கோணம் PZS_1 -ல்

$$\frac{\sin P\hat{Z}S_1}{\sin PS_1} = \frac{\sin P\hat{S_1}Z}{\sin PZ}$$

$$\frac{\sin P\hat{Z}S_1}{\sin (90 - \delta)} = \frac{\sin 90°}{\sin (90° - \phi)}$$

$$\frac{\sin P\hat{Z}S_1}{\cos \delta} = \frac{1}{\cos \phi}$$

$$\sin P\hat{Z}S_1 = \frac{\cos \delta}{\cos \phi} = \cos \delta . \sec \phi .$$

ஆகவே, ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஓரிடத்தின் அகலாங்கு 'ϕ' ஐ விட அதிகமானுல், அதாவது $\delta > \phi$ ஆனுல், ஒரு நாளில் அவ் விண்மீனின் திசை வில் $0°$-க்கும் $\sin^{-1} (\cos \delta \sec \phi)$ என்ற மதிப்பிற்கும் இடையில் உச்சி வட்டத்தின் இருபுறமும் ஊசலாடுகிறது.

குறிப்பு 1 : விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் 'δ', இடத்தின் அகலாங்கு 'ϕ'-க்குச் சமமானுல், மீனின் தினசரிப் பாதை நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும்.

2. விண்மீன் நேர் கிழக்கில் அமையும் பொழுது அதன் கோண வேற்றத்தையும், நேரக் கோணத்தையும் (படம் 36-ல்) காணலாம்

படம் 36-ல் $ZP = 90 - \phi$; $PS_1 = 90 - \delta$

$P\hat{Z}S_1 = 90°$ ஆகவே கொசைன் வாய்பாட்டின்படி,

$$\cos PS_1 = \cos PZ \cos ZS_1$$

$$\cos (90 - \delta) = \cos (90 - \phi) \cos ZS_1$$

$$\sin \delta = \sin \phi \cos ZS_1$$

$$\cos ZS_1 = \frac{\sin \delta}{\sin \phi}$$

$$ZS_1 = \cos^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi}\right)$$

விண் மீனின் கோண ஏற்றம்,

$$= 90° - ZS_1$$

$$= 90° - \cos^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi}\right)$$

நேரக் கோணத்தைக் காண,

$$Z\hat{P}S_1 = h$$

$$\cos h = \tan ZP \cdot \cot PS_1$$

$$= \cot \phi \ \tan \delta.$$

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஒரு விண்மீன் ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தை மார்ச்சு மாதம் 25 ஆம் தேதி 3 ம. 8 நி. கால அளவில் கடக்கிறது. விண்மீன் எப்பொழுது (i) காலை விண்மீனாக (ii) மாலை விண் மீனாகத் தோன்றும் என்று கண்டுபிடி.

விடை :

விண்மீனின் வல ஏற்றம் = 3 ம. 8 நி. = 47°

மார்ச்சு மாதம் 25 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் } = 4°

ஆகவே, மார்ச்சு 25 ஆம் தேதியிலிருந்து 43 நாட்கள் கழித்து ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் 47° ஆகும். மே மாதம் 7 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் 47° ஆகும்.

விண்மீன் காலை விண்மீனாக இருக்க அதன் வல ஏற்றம் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தைவிட 10° குறைவாக இருத்தல் வேண்டும். எனவே, ஏப்ரல் மாதம் 4 ஆவது வாரத்தில் காலை அது விண்மீனாகத் தோற்றமளிக்கும்.

விண்மீன் மாலை விண்மீனாக இருக்க அதன் வல ஏற்றம் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தைவிட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும். மே மாதம் 3ஆவது வாரத்தில் மாலை விண்மீனாகத் தோற்றமளிக்கும்.

௨. ஓரிடத்தின் அகலாங்கு அந்த இடத்தில் கட்புலனாகும் யாதானுமொரு மறையா விண்மீனின் உச்சி வட்டகோண ஏற்றங்களின் (Meridian altitudes) கூட்டுச் சராசரி (arithmetic mean) ஆகும் எனக் கண்டுபிடிக்கவும். (செ. ப.)

படம் 39.

விடை:

படம் 39-ல் NS_0 தொடுவானம். P வட துருவம். Z நேருச்சிப் புள்ளி. AB மறையா விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. A மேலுச்சிக் கடத்தற் புள்ளி. B கீழுச்சிக் கடத்தற் புள்ளி. $PN = \phi$. NA-ம் NB-ம் மறையா விண்மீனின் உச்சி வட்டகோண ஏற்றங்கள். அவை முறையே, a, b ஆக இருக்கட்டும். $NA = a$, $NB = b$ படத்தில் $PA = PB$.

(அ-து) $NA - NP = NP - NB$

(அ-து) $a - \phi = \phi - b$

$2\phi = a + b.$

$\therefore \; \phi = \dfrac{a + b}{2}$

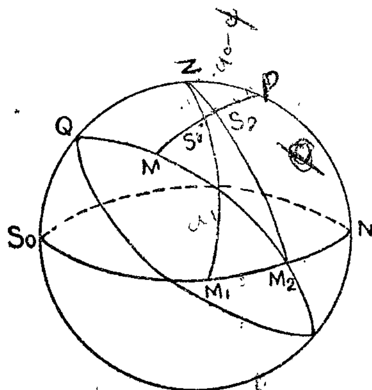
3. δ_1, δ_2 நடுவரை விலக்கங்களுடைய இரு விண்மீன்கள், a_1, a_2 கோண ஏற்றங்களில் ஒரே நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் மேல் ஒரே சமயத்தில் காணப்படுகின்றன.

அவ்விடத்தின் அகலாங்கு

$$\sin^{-1}\left[\frac{\cos\delta_1 \sin a_2 - \cos\delta_2 \sin a_1}{\sin(\delta_1 - \delta_2)}\right]$$

எனக் காண்பி. (செ. ப.)

விடை :



படம் 40.

விண்மீன்கள் ஒரே நடுவரைக் குத்து வட்டத்தில் அமைவதால், அவைகளின் நேரக் கோணங்கள் ஒன்றே ஆகும். நேரக் கோணம் 'h' ஆக இருக்கட்டும்.

$$S_1 M_1 = a_1 ; \quad S_2 M_2 = a_2 ; \quad PS_1 = 90^\circ - \delta_1 ;$$

$$PS_2 = 90^\circ - \delta_2 ; \quad ZS_1 = 90^\circ - a_1 ; \quad ZS_2 = 90^\circ - a_2 .$$

ZPS_1 என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து, கொசைன் வாய்பாட்டின்படி,

$$\cos(90^\circ - a_1) = \cos(90^\circ - \phi)\cos(90^\circ - \delta_1) + \sin(90 - \phi)\sin(90 - \delta_1)\cos n.$$

(அ-து) $\sin a_1 = \sin\phi \sin\delta_1 + \cos\phi\cos\delta_1 \cos n.$

அதே மாதிரி,

$$\sin a_2 = \sin\phi\sin\delta_2 + \cos\phi\cos\delta_2\cos n.$$

$$\therefore \frac{\sin a_1 - \sin\phi\sin\delta_1}{\sin a_2 - \sin\phi\sin\delta_2} = \frac{\cos\delta_1}{\cos\delta_2}$$

(அ-து) $\sin a_1 \cos \delta_2 - \sin \phi \sin \delta_1 \cos \delta_2$
$= \sin a_2 \cos \delta_1 - \sin \phi \sin \delta_2 \cos \delta_1$

(அ-து) $\sin \phi (\sin \delta_2 \cos \delta_1 - \sin \delta_1 \cos \delta_2)$
$= \sin a_2 \cos \delta_1 - \sin a_1 \cos \delta_2.$

(அ-து) $\sin \phi = \dfrac{\sin a_2 \cos \delta_1 - \sin a_1 \cos \delta_2}{\sin (\delta_2 - \delta_1)}$

4. ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆக இருந்து. அது தோன்றும்போதும், முதனிலைக் குத்து வட்டத்தின் மேலிருக்கும் போதும் நேரக் கோணங்கள் முறையே h, h' ஆனால்,

$\cos h \cos h' + \tan^2 \delta = 0$ எனக் காட்டுக. (செ.ப.)

விடை :

விண்மீன் தோன்றும்போது, h நேரக் கோணம் ; ϕ அவ்விடத்தின் அகலாங்காக இருக்கட்டும்.

$\cos h = \tan \phi \tan \delta$ ... ... (1)

விண்மீன் முதனிலைக் குத்து வட்டத்தில் இருக்கையில்,

$\cos h' = \cot \phi \tan \delta$ ... ... (2)

(1) × (2) எழுதினால்,

$\cos h . \cos h' = - \tan^2 \delta$

$\therefore \cos h \cos h' + \tan^2 \delta = 0.$

5. ஓரிடத்தின் வட அகலாங்கு 45°. மறையா விண்மீன் ஒன்றன் மீப்பெரு திசை வில் 45° ஆனால், விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் 60° எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

விடை :

$\phi = 45°$

மீப்பெரு $A = 45°$

$\sin A = \cos \delta \sec \phi$

$\sin 45° = \cos \delta \sec 45°$

$\cos \delta = \dfrac{\sin 45°}{\sec 45°} = \dfrac{1}{2}$

$\therefore \delta = 60°$

பயிற்சி 2

1. 'காலை விண்மீன்கள்', 'மாலை விண்மீன்கள்' என்றால் என்ன ? அவைகளின் நிபந்தனைகளைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

2 இரண்டு வாரக் கால அளவில் மாலை விண்மீன், காலை விண்மீனாகத் தோற்றமளிக்கும் நிகழ்ச்சியை விவரிக்கவும். அதிலிருந்து நாம் என்ன தெரிந்து கொள்ள முடிகிறது ?

3. பிரோசியான் என்ற விண்மீனின் நடுவரை விலக்கமும், வல ஏற்றமும் முறையே $5^\circ 24'$; $7^{ம.} 35^{நி.} 51^{வி.}$ ஓராண்டின் எக்காலத்தில் அந்த விண்மீன் (i) காலை விண்மீனாக, (ii) மாலை விண்மீனாகத் தோன்றும் ? (செ. ப.)

4. ஸ்பைகா என்ற விண்மீனின் நடுவரை விலக்கமும், வல ஏற்றமும் முறையே $-10^\circ 49$; $13^{ம} 21^{நி.} 43^{வி.}$ ஆகும். ஓராண்டின் எக்காலத்தில் அது (i) காலை விண் மீனாக, (ii) மாலை விண்மீனாகத் தோற்றமளிக்கும் ? ஒவ்வொரு வேளையிலும் விண் மீனை வானின் எந்தப் பகுதியில் பார்க்க முடியும் ? (செ. ப.)

5. துலா இராசியைச் சேர்ந்த விண் மீனின் வல ஏற்றம் $15^{ம.}$; நடுவரை விலக்கம் -25°. ஜூன் மாதம் 22-ம் தேதி 15°வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் சுமாராக எப்பொழுது தொடு வானத்தின் எந்தப் பகுதியில் விண்மீன் தோன்றும் எனக் கண்டு பிடிக்கவும். (செ. ப.)

6. மறையா விண்மீன்கள் என்றால் யாவை ? மறையா விண் மீன்களுக்குரிய நிபந்தனைகளை வரையறுக்கவும். (செ. ப.)

7. வான நடுவரையைத் தொடுவானமாகக் கொண்டவர் களுக்கு மறையா விண்மீன்களே இல்லை என்பதற்கும், மறையா விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை பார்வையிடத்தின் அகலாங்கு அதிகமாக அதிகமாக அதிகரிக்கும் என்பதற்கும் தகுந்த காரணங்கள் கூறுக. (செ. ப.)

8. வீகா என்ற விண்மீன் $38^\circ 41'$ நடுவரை விலக்கத்தை யுடையது. அது (i) மறையா விண்மீனாகவும், (ii) தொடு வானத்தின் மேல் பகுதிக்குச் செல்லாமலும் எவ்விடங்களில் இருக்குமோ, அவ்விடங்களுக்குள் மீச்சிறு அகலாங்கைக் கண்டுபிடி.

9. ஒரு மறையா விண்மீனின் மேலுச்சி, கீழுச்சி கடத்தற் புள்ளிகளின் கோண வேற்றங்கள் முறையே 79° $25'$-ம், 25° $35'$-ம் ஆகும். இரு கடத்தற் புள்ளிகளும் நேருச்சிப் புள்ளிக்கு வடக்கேயே அமைவதானால், அவ்விடத்தின் அகலாங்கையும், விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்தையும் கண்டு பிடிக்கவும்.

10. ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் 42° $48'$ வ. ஆகவிருந்து அந்த விண்மீன் மறையா விண்மீனாக இருக்கும் இடத்தின் மீச்சிறு அகலாங்கைக் கண்டுபிடி.

11. ஒரு நாளில் ஒரு விண்மீனின் திசை வில்லில் ஏற்படும் மாறுதல்களை வரைபடத்துடன் விளக்குக. (செ. ப.)

12. விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஓரிடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஐ விடப் பெரிதானால், விண்மீனின் மீப்பெரு திசை வில் கிழக்கிலும், மேற்கிலும் $\sin^{-1}(\cos\delta\sec\phi)$ என நிரூபி.

13. விழிக்கோட்ட வழுச் சார்ந்த கோணம் (parallactic angle) என்றால் என்ன ? ஒரு விண்மீனுக்கு இந்தக் கோணம் 90° ஆகில், அதன் திசைவில் மீப்பெரு மதிப்பை அடையும் என்று நிரூபி.

14. ஒரு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆக இருந்து, $\delta > \phi$ ஆக இருந்தால், திசைவில் A-ன் மீப்பெரு மதிப்பு

$$\sec A = \frac{\cos\phi}{[\sin(\delta+\phi)\cdot\sin(\delta+\phi)]^{\frac{1}{2}}}$$ எனக் காட்டுக.

15. ஒரு விண்மீனின் இயக்கப் பாதை முதனிலைக் குத்து வட்டத்துடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்தின் கொசைன் $\cos\phi\ \sec\delta$-க்குச் சமம் என நிரூபி.

16. வட அகலாங்கு 20° உடைய இடத்தில், ஒரு நாள் முழுவதிலும், 40°வ. நடுவரை விலக்கமுடைய விண்மீனின் திசை வில், கோண வேற்றம் ஆகிய இவைகள் அடையும் மாறுதல்களை விவரிக்கவும்.

17. ϕ அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஒரு விண்மீன் (i) நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்வதற்கும் (ii) நேர் கிழக்குப் புறத்தில் தோன்றுவதற்கும் எவ்வளவு நடுவரை விலக்கமுடையதாக இருக்க வேண்டும் எனக் கண்டுபிடி.

18. அகலாங்கு $45°$ உடைய இடத்தில் ஒரு விண்மீன் தோன்றும் நேரத்திற்கும். அது நேர் மேற்கை அடையும் நேரத்திற்கும் இடைப்பட்ட காலம் மாறிலி எனக் காண்பிக்கவும்.

(செ. ப.)

19. (α, δ) வானக் கூறுகளையுடைய விண்மீன் தோன்றும் பொழுதும் அதன் தோற்றவியக்கம் செங்குத்தாக அமையும் பொழுதும் நேரக் கோணங்கள் முறையே h, h' ஆகின்றன. அந்த இடத்தின் அகலாங்கு 'ϕ' ஆனுல்,

$$\tan^2 \phi + \cos h \cos h' = 0 \text{ எனவும்,}$$

$$\tan^2 \delta + \cos h \sec h' = 0 \text{ எனவும் நிரூபி.}$$

20. (α, δ) வானக் கூறுகளையுடைய மறையா விண்மீன் ஒரே நிலைக்குத்து வட்டத்தை a_1, a_2 என்ற கோண வேற்றங்களுடைய புள்ளிகளில் கடக்கிறது. உச்சி வட்டத்தை நேருச்சிப் புள்ளிக்கும் வடதுருவத்திற்கும் நடுவில் கடந்தால், அவ்விடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஐ

$$\sin \frac{a_1 + a_2}{2} \sin \delta = \sin \phi \cos \frac{a_1 - a_2}{2}$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம் என நிரூபி.

21. இரண்டு விண்மீன்கள் ஒரே நேரத்தில் ஒரே இடத்தில் தோன்றி, பின்னர் ஒரே திசை வில்லை அடைந்தால்,

$$\tan \phi = \sin A \text{ என நிரூபி.}$$

இந்த நிகழ்ச்சி ஏற்பட அகலாங்கின் மீப்பெரு மதிப்பு என்னவாக இருக்கவேண்டும் எனக் காண்க. (செ. ப.)

22. இரு விண்மீன்கள் கிழக்கே ஒரே நேரத்தில் தோன்றி, மேற்கே ஒரே நேரத்தில் மறைந்தால் அந்த இடத்தின் அகலாங்கு $45°$ எனக் கண்டுபிடி.

23. ஒரே நிலைக்குத்து வட்டத்தில் இரு விண்மீன்கள் தோற்றமளித்து. 8 மணி நேரம் கழிந்தபின் ஒரே நேரத்தில் மறைந்தால் அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண வாய்பாடு ஒன்றைக் காணவும்.

24. (α, δ); (α', δ') என்ற வானக் கூறுகளையுடைய இரு விண்மீன்கள், 'ϕ' அகலாங்குடைய இடத்தில் ஒரே நேரத்தில் தோன்றினுல்,

$$\cot^2 \phi \sin^2 (\alpha - \alpha') = \tan^2 \delta - 2 \tan \delta \tan \delta' \cos (\alpha - \alpha') + \tan^2 \delta' \text{ என நிரூபி.}$$

(செ. ப.)

58. ஒரு விண்மீன் தொடுவானத்திற்குச் செங்குத்தாக x'' ஆழத்திலிருந்து தொடுவானத்தை அடைவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தைக் கண்டுபிடித்தல் (To find the time taken by a star to come to the horizon from a small perpendicular depth of x'' below it)

படம் 41.

படத்தில் NS_0 தொடுவானம். ns_0 தொடுவானத்திற்கு இணையாக x'' ஆழத்தில் வரையப்பட்ட சிறு வட்டம். $sN = x''$. QR வான நடுவரை. AB விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. S', x'' ஆழத்திலிருக்கும்பொழுது விண்மீனின் இருப்பிடம். S விண்மீன் தொடுவானத்தில் இருக்குமிடம். PSM, $PS'M'$ வான நடுவரையின் துணைக்குத்து வட்டங்கள் $S'D$, தொடுவானம் NS_0-க்கு S'-லிருந்து போடப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு. $S'D = x''$.

விண்மீனின் இயக்கப்பாதை அடிவானத்துடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தட்டும். அதாவது $S'\hat{S}D = \theta°$.

$S'SD$ ஐ ஒரு தள முக்கோணமாகக் கருதலாம்.

விண்மீன் S'-லிருந்து S-க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும்

$$\text{காலம்} = \frac{S'\hat{P}S}{15} = \frac{MM'}{15}.$$

$S'SD$ என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$SS' = S'D \operatorname{cosec} \theta = x'' \operatorname{cosec} \theta$$

மேலும், $SS' = MM' \cos MS = MM' \cos \delta$

$$\therefore \quad MM' = SS' \sec \delta$$

$$MM' = x'' \operatorname{cosec} \theta \sec \delta$$

SPN என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\frac{\sin P\hat{S}N}{\sin PN} = \frac{\sin P\hat{N}S}{\sin PS}$$

$$\frac{\sin (90^\circ - \theta)}{\sin \phi} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin (90^\circ - \delta)}$$

$$\frac{\cos \theta}{\sin \phi} = \frac{1}{\cos \delta}$$

$$\cos \theta = \sin \phi \sec \delta$$

$$\therefore MM' = x'' \operatorname{cosec} \theta \ \text{see}\ \delta$$

$$= \frac{x'' \sec \delta}{\sin \theta} = \frac{x'' \sec \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}}$$

$$= \frac{x'' \sec \delta}{\sqrt{1 - \dfrac{\sin^2 \phi}{\cos^2 \delta}}} = \frac{x''}{\sqrt{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}}$$

$$= \frac{x''}{\sqrt{1 - \sin^2 \delta) - (1 - \cos^2 \phi)}}$$

$$= \frac{x''}{\sqrt{\cos^2 \phi - \sin^2 \delta}}$$

ஆகவே, S' -லிருந்து S-க்குச் செல்ல விண்மீன் எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் $= \dfrac{MM'}{15}$

$$= \frac{1}{15} \cdot \frac{x''}{\sqrt{\cos^2 \phi - \sin^2 \delta}} \quad \text{(கால அளவில்)}$$

குறிப்புகள் :

1. ஞாயிறு வட்டத் தகடு போன்றது. அதன் கோண விட்டம் D'' ஆனால், அது தோன்றுவதற்கோ, மறைவதற்கோ எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்

$$= \frac{D''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}} \text{ (கால அளவில்)}$$

ஞாயிற்றுத் தகட்டின் மையம் D'' ஆழத்தில் இருக்கும்பொழுது ஞாயிற்றுத் தகட்டின்மேல் விளிம்பு தொடு வானத்தைத் தொடுகின்றது. ஞாயிறு தோன்றத் தொடங்குகின்றது. ஞாயிறு முழுமையாகத் தோன்றிய பின், ஞாயிற்றுத் தகட்டின் மையம் $\frac{D''}{2}$ உயரத்தில் அமைகிறது. ஆகவே, மையப் புள்ளி D'' உயரத்திற்கு நகரும் காலம்தான் ஞாயிறு தோன்றுவதற்கு அல்லது மறைவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகும்.

(ii) ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில், சம இரவுப் புள்ளிகளில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுது தோன்றுவதற்கோ, மறைவதற்கோ எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் மிகக் குறுகியதாகும். ஞாயிறு திருப்ப நிலைகளில் இருக்கும்பொழுது தோன்றுவதற்கோ, மறைவதற்கோ எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்.

(iii) புவியின் நடுவரையில் $(\phi = 0)$ ஞாயிறு தோன்றுவதற்கோ, மறைவதற்கோ எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் $\frac{D}{15} \sec\delta$ ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. δ ஞாயிற்றின் நடுவிலக்கமாகி, s அதன் அரை விட்டமாகி, (கோண அளவையல் நிமிடங்கள்) தோன்றும்போது மேல் விளிம்பு கீழ் விளிம்பைத் தோற்றத்தின் இடைக்காலம் t (நிமிடங்கள் கால அளவையில்) ஆனால் 'ϕ' அகலாங்குடைய இடத்தில்,

$$\sin^2\phi = \cos^2\delta - \frac{4s^2}{225t^2} \text{ என நிறுவி.} \qquad \text{(செ. ப.)}$$

ஞாயிறு தோன்றுவதற்கோ, மறைவதற்கோ எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் $= \frac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$

$$\therefore \quad t = \frac{2s}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$

$$\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta} = \frac{2s}{15t}$$

$$\cos^2\phi - \sin^2\delta = \frac{4s^2}{225t^2}$$

$$(1 - \sin^2\phi) - (1 - \cos^2\delta) = \frac{4s^2}{225t^2}$$

$$\therefore \quad \sin^2\phi = \cos^2\delta - \frac{4s^2}{225t^2}.$$

பயிற்சி 8

1. 30° அகலாங்குடைய இடத்தில் சம இரவுப் புள்ளியில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுது ஞாயிற்றின் கோண விட்டம் 32′ ஆனால், அது தோன்றுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

2. ஓரிடத்தில் ஞாயிறு தோன்றுவதற்கு 2 நி. 30 வி. எடுத்துக் கொள்கிறது. ஞாயிற்றின் கோண விட்டம் 32′ ஆகி, அன்று நடுவரை விலக்கம் 15° வ. ஆனால், அவ் விடத்தின் அகலாங்கைக் கண்டுபிடி.

3. ஞாயிற்றின் அரை விட்டம் S (கோண அளவையில் நிமிடங்கள்) ஆகவிருந்து, ஞாயிற்றின் திருப்ப நிலையில், ஞாயிற்றுத் தகடு முதனிலைக் குத்து வட்டத்தை ϕ ($\phi > \omega$) அகலாங்குடைய இடத்தில் கடக்க $\dfrac{2s}{15\sqrt{\sin^2\phi - \sin^2\omega}}$ நிமிடங்கள் எடுத்துக் கொள்ளும் எனக் காண்பி.

59 வானக் கோளத்தின் வரைபடம் வரைதல் (Drawing the diagram of celestial sphere)

வானக் கோளத்தின் வரைபடம் வரைவதற்கு முன்னர், முன்னால் கூறிய சில கருத்துகளை மனதில் நினைவுபடுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

(i) ஓரிடத்தின் கோணவேற்றம் அவ்விடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமம்.

(ii) ஒரு வானப் பொருளின் வல ஏற்றம் அப்பொருள் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரத்திற்குச் சமம்.

(iii) ஒவ்வொரு வானப் பொருளும் ஒரு மணி நேரத்தில் 15° நேரக் கோணத்தைக் கடக்கின்றது.

(iv) ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கும், வல ஏற்றமும் ஒரு நாளைக்கு 1° வீதம் அதிகரிக்கிறது

(v) ஞாயிறு, திங்கள், மற்றும் கோள்கள் எல்லாம் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்மேல் இயங்குகின்றன.

(vi) திங்கள் ஒரு நாளைக்கு 12·2° வீதம் இடஞ்சுழியாக ஞாயிற்றிலிருந்து ஒதுங்கிச் செல்கிறது.

(vii) திங்களின் வயது, கடந்த இருள் மதியிலிருந்து கணக்கிடப்படுகின்றது. இது நள்ளிரவில் இருந்துதான் கணக்கிடப்படும்.

(viii) திங்களின் வயது x நாட்கள் என்றால், கடந்த இருள் மதியிலிருந்து, x நாட்கள் ஆகிவிட்டன என்பது பொருள்.

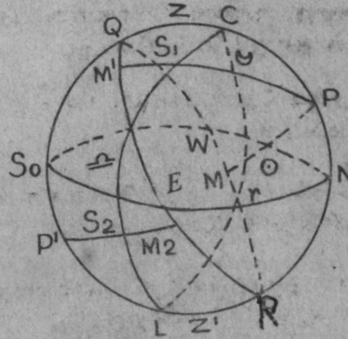
(ix) இருள் மதியன்று ஞாயிறும், திங்களும் ஒரே நெட்டாங்கை அடையும். திங்களின் வயது x நாட்கள் ஆனால், அதன் நெட்டாங்கு = ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு + 12·2x ஆகும்.

(x) ஞாயிறு மார்ச் 21 ஆம் தேதி முதல் செப்டெம்பர் 21 ஆம் தேதிவரை வான நடுவரையின் வடபகுதியில் நிலவுகிறது. செப்டெம்பர் 21 ஆம் தேதி முதல் மறு ஆண்டு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி வரை வான நடுவரையின் தென் பகுதியில் நிலவுகிறது.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஏப்ரல் மாதம் 1 ஆம் தேதி இரவு 8 மணிக்கு, கோயமுத்தூரில் (அகலாங்கு 11° வ.) அமையும் வானக் கோளத்தின் வரைபடத்தை வரைந்து அதில் அன்றைய ஞாயிற்றின் நிலை, திங்களின் நிலை, (திங்களின் வயது 6 நாட்கள்), ரெகுலசு என்ற விண்மீனின் நிலை (வல ஏற்றம் 10 ம. 5 நி. ந. வ. வி. 12° 30′ வ.), அன்டாரசு என்ற விண்மீனின் நிலை (வ. ஏ. 16 ம. 22 நி., ந. வ. வி. 26° 10′ தெ.) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடுக.

முதலில் உச்சி வட்டத்தைக் குறிக்கும் வகையில் ஒரு வட்டம் வரையவேண்டும். பார்வையிடத்தின் தொடுவானம் SN_0 ஐக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பிறகு நேருச்சிப்புள்ளி (Z) நேர்க் கீழ்ட்புள்ளி (Z) ஆகியவைகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.



படம் 42

(i) **வான நடுவரையைக் குறித்தல் :** பார்வையிடம் கோயமுத்தூர் அதன் அகலாங்கு $11°$ வ. வடதுருவத்தின் கோணவேற்றம் பார்வையிடத்தின் அகலாங்குக்குச் சமமாகையால் NP $11°$. உச்சி வட்டத்தின்மேல் P என்ற வடதுருவப் புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். அதற்கு நேரெதிராகத் தென்பகுதியில் தென் துருவப்புள்ளி P ஐக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். $NP = S_0P' = 11°$.

$PN = ZQ$ என்று கண்டோம். ஆகவே Q, R என்ற புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொண்டு அவ்விரு புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் வான நடுவரைப் பெருவட்டத்தை வரையவேண்டும்.

வான நடுவரை தொடுவானத்தைக் கிழக்குப்புள்ளி (E) மேற்குப்புள்ளி (W) ஆகியவைகளில் வெட்டுகின்றது. அவைகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

(ii) **ஞாயிற்றின் வழியாகச் செல்லும் குத்து வட்டத்தை வரைதல் :** பார்வை நேரம் இரவு 8 மணி. ஞாயிறு மேற்கு அடிவானத்தைக் கடந்து அடிவானத்தின்கீழ் நிலவுகின்றது. ஞாயிற்றின் நேரக் கோணம் $= 8 \times 15° = 120°$. நடுவரையின் மேற்குப் பகுதியில், Q-விருந்து $120°$-ல் M என்ற புள்ளியை நடுவரையின்மேல் குறிக்கவேண்டும். அதாவது $QM = 120°$.

M, ஞாயிறு வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் அடிப்புள்ளி.

(iii) **மேட முகற் புள்ளி, துலா முகற் புள்ளிகளைக் குறித்தல் :** காணும் நாள் ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதி எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் 0° ஆகும். ஒரு நாளைக்கு 1° வீதம் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் அதிகரிக்கிறது. ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதிக்குச் சரியாக 11 நாள் ஆகிறது. ஆகவே, ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதி ஏற்றம் 11° ஆகும். M-லிருந்து வலஞ்சுழியாக வான நடுவரையின் மேல் 11° அளந்து ♈ ஐக் குறிக்கவும். அதாவது M♈ = 11°. அதன் நேர் எதிர்ப் புள்ளியாகிய ♎ ஐக் குறிக்கவும்.

(iv) **ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையை வரைதல் :** ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை வான நடுவரைக்கு $23\frac{1}{2}$° சாய்வில் அமைகிறது. ஆகவே C. L என்ற புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்ள முடியும். C, L, ♈, ♎ வழியாகச் செல்லும் பெரு வட்டம்தான் ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை ஆகும்.

(v) **ஞாயிற்றின் நிலையைக் குறித்தல் :** ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையும் ஞாயிறு வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டமும் வெட்டும் புள்ளிதான் ஞாயிற்றின் நிலையைக் குறிக்கும். ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதி ஞாயிறு நடுவரையின் வட பகுதியில் இயங்குகிறது. இதனையும் கொண்டு ஞாயிற்றின் நிலையைக் குறிக்க முடிகின்றது. படத்தில் ☉ என்ற குறியீட்டால் ஞாயிற்றின் நிலை குறிக்கப் பட்டுள்ளது.

(vi) **திங்களின் நிலையைக் குறித்தல் :** திங்களும் ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் மேல் இயங்குகிறது எனக் கொள்கிறோம். திங்களின் வயது 6 நாட்கள் எனக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதாவது ஏப்ரல் 1 ஆம் தேதி நள்ளிரவில் அதன் வயது 6 நாட்கள். பார்வை நேரம் இரவு 8 மணி. அந்த நேரத்தில் அதன் வயது

$$= 6 + \frac{20}{24} = 6\frac{5}{6} \text{ நாட்கள்.}$$

அது ஞாயிற்றிலிருந்து ஒதுங்கியிருக்கும் தூரம்

$$= 6\frac{5}{6} \times 12{\cdot}2$$

$$= 83{\cdot}4°$$

ஞாயிற்றின் நிலையிலிருந்து இடஞ்சுழியாக ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் மேல் 83·4° செல்ல வேண்டும். படத்தில் ♉ என்ற குறியீட்டால் திங்களின் நிலை குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

(vii) ரெகுலசு விண்மீனைக் குறித்தல்: ரெகுலசின் வல ஏற்றம் $10^{ம.}\ 5^{நி.} = 151\frac{1}{4}°$ ♈-லிருந்து இடஞ்சுழியாக வான நடுவரையின் மேல் $151\frac{1}{4}°$ சென்று M_1 என்ற புள்ளியைக் குறிக்க வேண்டும். ரெகுலசின் நடுவரை விலக்கம் 12° 30′ வ. என்று கொடுக்கப்பட்டதால் விண்மீனின் வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டம் வடதுருவம் P-லிருந்து போடப்பட வேண்டும். இந்த நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் மேல் M_1-லிருந்து 12° 30′ P-ன் திசையில் சென்று S_1 என்ற நிலையைக் குறிக்க வேண்டும். இதுதான் ரெகுலசின் நிலையாகும்.

(viii) விண்மீன் அண்டாரசின் நிலை: அண்டாரசின் வல ஏற்றம் $16^{ம.}\ 22^{நி.} = 245\frac{1}{2}°$. ♈-லிருந்து வான நடுவரையின் மேல் இடஞ்சுழியாக $245\frac{1}{2}°$ சென்று M_2 என்ற புள்ளியைக் குறிக்க வேண்டும். அண்டாரசின் நடுவரை விலக்கம் 26° 10′ தெ. எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது, ஆகவே நடுவரைக் குத்து வட்டம் P'-லிருந்து போடப்பட வேண்டும். $P' M_2$ஐப் போட்ட பிறகு, M_2-லிருந்து P' திசையில் குத்து வட்டத்தின்மேல் 26° 10′ சென்று S_2 என்ற நிலையைக் குறிக்க வேண்டும். இதுதான் விண்மீன் அண்டாரசின் நிலையாகும்.

2. ஆல்டேர் என்ற விண்மீன் (வ. ஏ. $19^{ம.}\ 45^{நி.}$ ந.வ. வி. 8° 33′ வ.) செப்டம்பர் 23 ஆம் தேதி சுமாராக எந்த நேரத்தில் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் என்று காண்க. (செ. ப)

விண்மீனின் வல ஏற்றம் அது வட்டத்தைக் கடக்கும் போதுள்ள மீன்வழி நேரத்திற்குச் சமம் என்று அறிவோம். ஆகவே உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கையில் மீன்வழி நேரம் $= 19^{ம.}\ 45^{நி.}$

வாய்பாட்டின் வாயிலாக, $t = \alpha + h$

செப்டம்பர் 23 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் வல + ஏற்றம் (α)

$= 180° = 12^{ம.}$

ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் $= h = t - \alpha = 19^{ம.} 45^{நி.} - 12^{ம.}$

$= 7^{ம.} 45^{நி.}$

இரவு $7^{ம.} 45^{நி.}$ -க்கு உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்.

3. ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் $20^{ம.} 52^{நி.}$ ந.வ.வி. $37°43'$ வ அது $8^{ம.} 20^{நி.}$ (பிற்பகல்)-க்கு உச்சி வட்டத்தைக் கடந்தால், அன்று ஆண்டின் எந்த நாள் என்று காண்க. (செ. ப.)

விண்மீண் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்

மீன்வழி நேரம் $(t) = 20^{ம.} 52^{நி.}$

ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் $= 8^{ம.} 20^{நி.}$

ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் $(\alpha) = t - h$

$= 20^{ம.} 52^{நி.} - 8^{ம.} 20^{நி.}$

$= 12^{ம} 32^{நி.}$

$= 188°$

ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி 180° ஆகும். நாளுக்கு 1° வ. ஏ. அதிகரிக்கிறது. ஆகையால் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதியிலிருந்து 8 நாட்களுக்குப் பின்னர் (அதாவது) அக்டோபர் 1ஆம் தேதியன்று இந்த நிலை ஏற்படும்.

பயிற்சி 4

1. ஏப்ரல் 10ஆம் தேதி இரவு 8 மணிக்கு திருவனந்தபுரத்தில் (அகலாங்கு 8° 30′ வ.) அமையும் வானக்கோள வரைபடம் வரைந்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் (வயது 7 நாட்கள்), வல ஏற்றம் $6^{ம.} 40^{நி}$, நடுவரை விலக்கம் 30° தெ. உள்ள விண்மீன் ஆகியவற்றின் நிலைகளைக் குறிப்பிடுக.

2. செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி இரவு 10 மணிக்குச் சென்னையில் (அகலாங்கு 13° 4′ வ.) அமையும் வானக்கோள வரைபடம் வரைந்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் (வயது 6 நாட்கள்), விண்மீன் ரெகுலசு (வ. ஏ. $10^{ம.} 5^{நி.}$, ந. வ. வி. 12° 30′ வ), விண்மீன்

அண்டராசு (வ. ஏ. 16ம. 22நி. ந. வ. வி. 26° 10′ தெ.) முதலிய வைகளின் நிலையைக் குறிப்பிடுக. (செ. ப.)

3. செப்டம்பர் 1ஆம் தேதி நள்ளிரவு 12 மணிக்கு பம்பாயில் (அகலாங்கு 18° 54′ வ.) அமையும் வானக்கோள வரைபடம் வரைந்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் (வயது 13 நாட்கள்) விண்மீன் வீகா (வ. ஏ. 18ம 34நி., ந.வ. வி. 38° 43′ வ.) இவைகளின் நிலைகளைக் குறிப்பிடுக. (செ. ப.)

4. ஜனவரி 1ஆம் தேதி இரவு 9 மணிக்கு அண்ணாமலை நகரில் (அகலாங்கு 11° 25′ வ) அமையும் வானக்கோள வரைபடம் வரைந்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் (வயது 9½ நாட்கள்), விண்மீன் (வ. ஏ. 6ம., ந. வ. வி. 16° தெ.) இவைகளின் நிலைகளைக் குறிப்பிடுக.

5. ஏப்ரல் 2ஆம் தேதி இரவு 9 மணிக்கு 35° தெ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் வானக்கோள வரைபடத்தை அமைத்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் (வயது 7½ நாட்கள்), விண்மீன் கேபல்லா வ. ஏ. 5ம. 12நி., ந.வ.வி 45° 56′ வ.), செவ்வாய் (வ.ஏ. 10ம. 19நி. ந. வ. வி 14° வ.) இவைகளைக் குறிப்பிடுக.

6. இலையுதிர் சம இரவுப் புள்ளியில் ஞாயிறு இருக்கும் நாளன்று ஞாயிறு தோன்றுகையில் 47° வ. வான நடுவரை, ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை முதலியவைகளைக் குறிப்பிடுக.

7. ஆண்டின் எந்த நாளன்று இரவு 7 மணிக்கு ரெகுலசு என்ற விண்மீன் (வ. ஏ. 10ம. 5நி.) உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்?

8. ஆண்டின் எந்த நாளன்று விண்மீன் சிரியசு (வ. ஏ. 6ம.42நி, ந வ.வி. 16° 37′ தெ.) இரவு 8 மணிக்குச் சென்னையில் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்?

9. மார்ச்சு 1ஆம் தேதி விண்மீன் ரெகுலசு (வ. ஏ. 10ம. 5நி.) உச்சி வட்டத்தைச் சுமாராக எந்த நேரத்தில் கடக்கும் என்று கண்டுபிடி.

10. ஃபோமல்காட் என்ற விண்மீன் வ.ஏ. 22ம. 54நி. ந. வ. வி 20° 59′ தெ.) ஆண்டின் எந்த நாளில் இரவு 8 மணிக்கு நேர் தெற்கில் அமையும் எனக் கண்டுபிடி.

11. ஆண்டின் எந்த நாளன்று இரவு 8 மணிக்கு விண்மீன் சிரியசு (வ. ஏ 6 ம. 42 நி., ந.வ.வி. 16° 36' தெ.) நேர் தெற்கில் அமையும் எனக் கண்டுபிடி.

12. 15° வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் சூன் 22ஆம் தேதி துலா இராசியைச் சேர்ந்த விண்மீன் (வ.ஏ. 15ம. , ந.வ.வி. 25°) சுமாராக எப்பொழுது தொடுவானத்தின் எந்தப் பகுதியில் தோன்றும் எனக் கண்டுபிடி.

4. புவி

(Earth)

60. புவி மண்டலங்கள் (Zones of the earth)

ஞாயிறு தனது ஆண்டு இயக்கத்தின்போது சில நேரங்களில் நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்கிறது, அவ்வாறு செல்ல வேண்டுமானால் அதன் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஓரிடத்தின் அகலாங்கிற்குச் சமமாக இருத்தல் வேண்டும் எனக் கண்டோம். அதாவது $\delta = \phi$ ஆக இருக்கவேண்டும். δ-ன் மதிப்பு $-\omega^\circ$-லிருந்து $+\omega^\circ$ வரை மாறுபடுகின்றது. ஆகவே, ϕ-ன் மதிப்பு ω° தெ.-லிருந்து ω° வ. வரை உள்ள இடங்களுக்கு ஞாயிறு ஓராண்டில் இரண்டு நாட்கள் அந்த இடத்தின் நேருச்சிப்புள்ளி வழியாகச் செல்லும். அதேபோல, ஞாயிறு சில பகுதிகளில் மறையா விண்மீன் போன்று அடிவானத்திற்கு மேலேயோ, கீழேயோ இயங்கும். அதன் நடுவரை விலக்கம் 'δ' அந்த இடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பியைவிட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும். அதாவது, $\delta > 90^\circ - \phi$ ஆக இருக்கவேண்டும். δ-ன் மீப்பெரு மதிப்பு ω° ஆதலால் $\phi > 90^\circ - \omega$ ஆக இருத்தல் வேண்டும். ஆகவே ஞாயிற்றின் இயக்கத்தில் இடத்தைப் பொறுத்துப் பல சிறப்புகள் இருப்பதனால், புவிக் கோளத்தைப் பல மண்டலங்களாகப் பிரித்துள்ளனர். புவி நடுவரைக்கு இணையாகச் சிறு வட்டங்கள் அமைத்துப் புவிக்கோளைப் பல மண்டலங்களாகப் பிரித்துள்ளனர்.

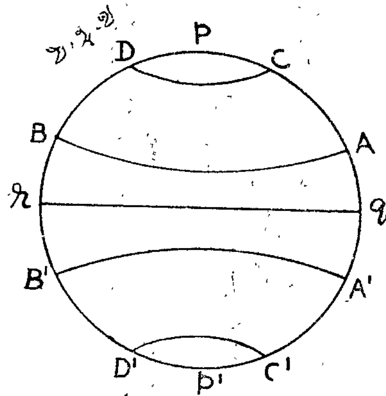
புவி நடுவரையின் அகலாங்கு 0°. அதற்கு வடக்கில் ω° கோண ஏற்றத்தில் போடப்பட்ட சிறு வட்டத்தைக் கடகக் கோடு (Tropic of cancer) என்றும், தெற்கில் ω கோண ஏற்றத்தில் போடப்பட்ட சிறு வட்டத்தை மகரக் கோடு (Tropic of capricorn) என்றும் அழைக்கின்றனர். புவி நடுவரைக்கும் கடகக் கோட்டுக்கும் இடையிலுள்ள பகுதியை வட வெப்ப மண்டலம் (north torric zone) என்றும், புவி நடுவரைக்கும் மகரக் கோட்டுக்கும்

இடையில் உள்ள பகுதியைத் தென் வெப்ப மண்டலம் (South torrid zone) என்றும் குறிப்பிடுகிருர்கள்.

புவியின் வட துருவத்தை மையமாகக் கொண்டு ω° கோண தூரத்தில் போடப்பட்ட சிறு வட்டத்தை 'வட துருவ வட்டம்' (artic circle) என்றும், தென் துருவத்தை மையமாகக் கொண்டு ω° கோண தூரத்தில் போடப்பட்ட சிறு வட்டத்தைத் 'தென் துருவ வட்டம்' (antartic circle) என்றும் சொல்கிறோம்.

வட துருவத்தில் அடங்கிய கோளக் குல்லாயை 'வட உறை பனி மண்டலம்' (north frigid zone) என்றும், தென் துருவத்திலடங்கிய கோளக் குல்லாயைத் 'தென் உறை பனி மண்டலம்' (south frigid zone) என்றும் கூறுவார்கள்.

கடகக் கோட்டிற்கும் வடதுருவ வட்டத்திற்கும் இடைப்பட்ட பகுதியை 'வட மித வெப்ப மண்டலம்' (north temperate zone) என்றும், மகரக் கோட்டிற்கும் தென் துருவ வட்டத்திற்கும் இடைப்பட்ட பகுதியைத் 'தென் மித வெப்ப மண்டலம்' (south temperate zone) என்றும் குறிப்பிடுகிருர்கள்.



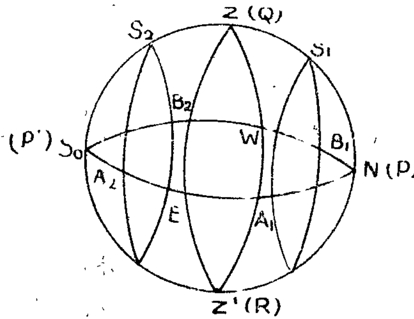
படம் 43.

படம் 43-ல், qr புவி நடுவரை ; p, p' புவியின் வட, தென் துருவங்கள். AB கடகக் கோடு, $A'B'$ மகரக் கோடு ; CD வட துருவ வட்டம், $C'D'$ தென் துருவ வட்டம்.

61. ஓராண்டில் புவியின் பல மண்டலங்களில் பகல் இரவுக் காலங்களில் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் கணித்தல் (To trace the variation in the duration of day and night during the year for various zones)

(a) **புவி நடுவரை மீதுள்ள இடங்கள்** (For a place on the earth's equator)

ஓரிடத்தின் அகலாங்கு அவ்விடத்தில் துருவத்தின் கோண ஏற்றத்திற்குச் சமம். $\phi = 0$ ஆதலால், $NP = 0$.



படம் 44.

ஆகவே, வட, தென் துருவங்கள் முறையே வடக்குத் தெற்குப் புள்ளிகளுடன் இணைகின்றன. வான நடுவரையும், முதனிலைக் குத்து வட்டமும் ஒன்றன் மீது ஒன்றாகப் படிகின்றன. மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி ஞாயிறு மேட முதற் புள்ளி (γ)-ல் இருக்கும். அதன் நடுவரை விலக்கம் பூச்சியம் ஆகும். அன்று ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை வான நடுவரையாகவே அமையும். அன்று ஞாயிறு தோன்றும்பொழுது அதன் நேரக் கோணம்

$$\hat{ZNE} = 90°$$

$$\text{அன்று பகற்காலம்} = \frac{2h}{15} = \frac{2 \times 90}{15} = 12^{\text{ம}}.$$

இரவு 12 மணி நேரம்.

அன்று பகலும் இரவும் சமம். அதே போல் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி ஞாயிறு, துலா முதற் புள்ளி $\simeq$-ல் உள்ளது.

அன்றும் ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை வான நடுவரையே ஆகும். அன்றும் இரவும் பகலும் சமம்.

மார்ச்சு 21 ஆம் தேதிக்குப் பின் ஞாயிறு வட திசை நோக்கிப் பயணம் செய்கிறது. அதன் நடுவரை விலக்கம் அதிகமாகி அதன் தினசரிப் பாதைகள் வான நடுவரைக்கு இணையான சிறு வட்டங்கள் ஆகின்றன. ஆனால், இந்த இடத்தில் வான நடுவரை, முதனிலைக் குத்து வட்டத்துடன் படிவதால், தினசரிப் பாதைகள் முதனிலைக் குத்து வட்டத்திற்கு இணையாக அமையும். ஆகவே, பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாக இருக்கும். ஜூன் 22 வரை தன் வட திசைப் பயணத்தைத் தொடர்ந்து செய்து, ஜூன் 22-ல் $A_1 S_1 B_1$ என்ற தினசரிப் பாதையை அடைகிறது. அங்கு நடுவரை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பை அடைகிறது. இந்த நிலையைத் தான் ஞாயிற்றின் கோடைத் திருப்ப நிலை (summer solstice) என்கிறோம்.

ஜூன் 22-க்குப் பின்னர், ஞாயிறு தெற்கே திரும்புகிறது. அதன் திசைப் பாதைகள் முதனிலைக் குத்துக் கோட்டிற்கு இணையாகவே இருக்கும். ஞாயிறு, செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு தன் தென் திசைப் பயணத்தைத் தொடர்கிறது. தினசரிப் பாதைகள் முதனிலைக் குத்துக் கோட்டிற்கு இணையாகவே இருக்கும். டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி தென் திசையில் சேய்மை நிலையை அடைகிறது. இங்கு ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பை அடைகிறது. இந்த நிலையைத் தான் ஞாயிற்றின் மாரித் திருப்ப நிலை (winter solstice) என்கிறோம். பகல் இரவுக் காலங்கள் தொடர்ந்து சமமாகவே இருந்து வருகின்றன. ஞாயிறு வடக்கே திரும்பி மறு ஆண்டு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி மேட முதற் புள்ளி அடையும்வரை பகல் இரவுக் காலங்கள் ஆண்டு முழுவதும் சமமாக இருக்கும்.

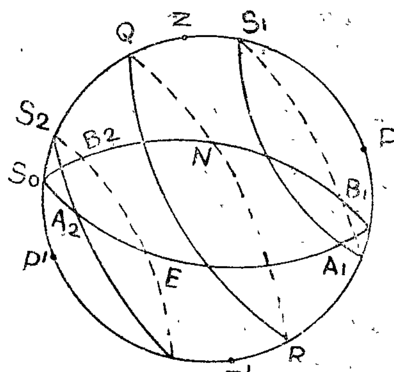
(b) வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடத்தில் பகல் இரவு மாறுதல்கள் (Variation in day and night for a place in north torrid zone).

இங்கு $\phi < \omega$.

மார்ச்சு 21 ஆம் தேதியன்று ஞாயிறு மேட முதற் புள்ளி 'γ'-ல் இருக்கும். அன்றைய தினசரிப் பாதை வான நடுவரையாக அமையும். ஞாயிறு கிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றி, மேற்குப் புள்ளியில் மறையும்.

ஞாயிறு தோன்றும்போது நேரக் கோணம்

$$\hat{ZPE} = 90^\circ. \quad \text{பகற்காலம்} = \frac{2 \times 90}{15} = 12^{m.}$$



படம் 45.

ஆகவே மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம். அதேபோலச் செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி ஞாயிறு துலா முதற் புள்ளியில் இருக்கும். அன்றும் அதன் தினசரிப் பாதை வான நடுவரையாகும். அன்றும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம் ஆகும். மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் 0°. மார்ச்சு 21 ஆம் தேதிக்குப் பின்னர் ஞாயிறு தன் வடதிசைப் பயணத்தைத் தொடர்கிறது. அதன் நடுவரை விலக்கம் அதிகரிக்கிறது. அதன் தினசரிப் பாதை வான நடுவரைக்கு இணையான சிறு வட்டங்களாகும். ஞாயிறு தோன்றும்போது ஏற்படும் நேரக் கோணம் நாளுக்கு நாள் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே, பகற் காலம் அதிகரிக்கிறது ; இரவுக் காலம் குறைகிறது.

ஜூன் 22 ஆம் தேதி ஞாயிறு தன் நடுவரை விலக்கத்தின் மீப் பெரு மதிப்பை அடைகிறது. அன்று வடதிசையின் சேய்மை நிலையை அடைகிறது. படத்தில் $A_1 S_1 B_1$ என்பது ஜூன் 22 ஆம் தேதியன்று ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை. அந்த நிலையைத்தான் ஞாயிற்றின் கோடைத் திருப்ப நிலை என்கிறோம். இந்த நிலையில் தான் பகற்காலம் மிக நீண்டதாகவும் இரவு மிகக் குறுகியதாகவும் இருக்கும் (longest day and shortest night).

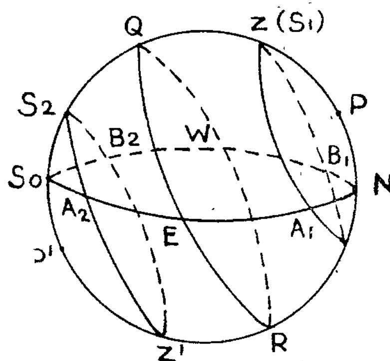
ஜூன் 22-க்குப் பிறகு ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் குறைய ஆரம்பிக்கிறது. ஞாயிறு தென் திசைப் பயணத்தைத் தொடங்கி நாளுக்கு நாள் பகல் குறைந்தும் இரவு நீண்டும் வரும்

செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி துலா முதற் புள்ளியை ஞாயிறு அடைகிறது. அன்று நடுவரை விலக்கம் 0°. தினசரிப் பாதை வான நடுவரையாகி, பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகின்றன. ஞாயிறு கிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றி, மேற்குப் புள்ளியில் மறைகிறது. ஞாயிறு செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு தன் தெற்கு நோக்கிய பயணத்தைத் தொடர்ந்து, நாளுக்கு நாள் அதன் நடுவரை விலக்கம் அதிகமாகிப் பகற்காலம் குறைந்து இரவுக் காலம் அதிகரிக்கிறது. டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி ஞாயிறு தன் தென் திசையில் சேய்மை நிலையை அடைகிறது. அந்த நிலையை மாரித் திருப்ப நிலை எனச் சொல்கிறோம். இங்கு நடுவரை விலக்கம் தன் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. இந்த நிலையில் மிகக் குறுகிய பகற் காலமும், மிக நீண்ட இரவுக் காலமும் உண்டாகும் (shortest day and longest night).

டிசம்பர் 22 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு வடதிசை திரும்பி அதன் நடுவரை விலக்கம் குறையத் தொடங்கி நாளுக்கு நாள் பகல் நீண்டு, இரவு குறைந்து அடுத்த ஆண்டு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி மேட முதற் புள்ளியை அடைந்து தன் ஆண்டுக் கால வியக்கத்தை முடிக்கிறது.

வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் ஞாயிறு ஓராண்டில் இரண்டு முறை தோற்ற நண்பகலில் வான மேலுச்சிப் புள்ளியை அடையும்.

(c) **கடகக் கோட்டிலுள்ள இடத்தில் பகல் இரவுக் காலங்களின் மாறுதல்** (Variations in the lengths of day and night for a place on the tropic of cancer).



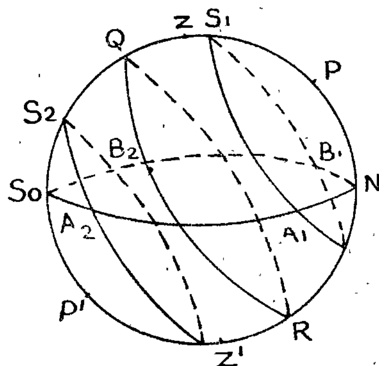
படம் 46.

கடகக் கோட்டிலுள்ள இடங்களில் ஏற்படும் இரவுக் காலங்களின் மாறுதல்கள் வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் பகல் இரவுகளில் ஏற்படும் மாறுதல்களைப் போலவே இருக்கும். மார்ச்சு 21 ஆம் தேதியும் செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதியும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம். ஜூன் 22 ஆம் தேதி மிக நீண்ட பகலும் மிகக் குறைந்த இரவும். டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி மிக நீண்ட இரவும் மிகக் குறுகிய பகலும் இருக்கும்.

ஜூன் 22 ஆம் தேதி தோற்ற நண்பகலில் ஞாயிறு வான நேருச்சிப் புள்ளியில் இருக்கும். ஞாயிறு வான நேருச்சிப் புள்ளிக்கு வருவது இது ஒரு முறைதான்.

(d) வட மிதவெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடத்தில் பகல் இரவுக் காலங்களின் மாறுதல்கள் (Variations in the length of day and night for a place in north temperate zone)

இங்கு $\phi > \omega$, ஆனால் $\phi < 90 - \omega$. அதாவது $\omega < \phi < 90°$ என்று குறிப்பிடலாம்.

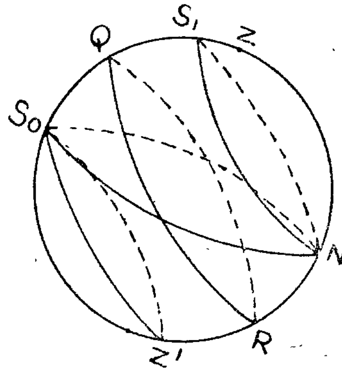


படம் 47.

வட மித வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் ஏற்படும் பகல் இரவுக் காலங்களின் மாறுதல்கள் வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் ஏற்படும் பகல் இரவு மாறுதல்களைப் போலவேதான் இருக்கும். ஆனால், பகற்காலம் நீள்வதும், இரவு குறைவதும் மெதுவாக இராது. மார்ச்சு 21 ஆம் தேதியும் செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதியும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம். ஜூன் 22 ஆம் தேதி மிக நீண்ட பகலும் மிகக் குறைந்த இரவும், டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி மிகக் குறைந்த பகலும், மிக நீண்ட இரவும் இருக்கும்.

மேலும், இந்த இடங்களில் ஞாயிறு ஓராண்டில் எந்த நாளும் நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்லாது. வட சேய்மை நிலையில் கூடத் தினசரிப் பாதை நேர் உச்சிப் புள்ளிக்குத் தெற்காகவே அமையும்

(e) வட துருவ வட்டத்தின் மேல் அமையும் இடம் (For a place on the artic circle). இங்கு $\phi = 90° - \omega$.



படம் 48.

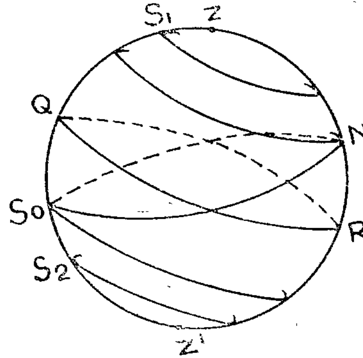
மார்ச்சு 21 ஆம் தேதியும் செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதியும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம். மார்ச்சு 21 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு ஞாயிறு வடதிசைப் பயணத்தைத் துவங்குகிறது; பகல் நீட்சி பெறுகிறது. இரவு குறைகிறது. ஜூன் 22 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் 'δ', மீப்பெரு மதிப்பு 'ω' ஐ அடைகிறது. அன்று $\phi = 90 - \delta$ ஆகிறது. (அ-து) $\delta = 90° - \phi$ ஆகிறது. அன்று ஞாயிறு மறையா விண்மீன் போலத் தொடுவானத்தைக் கடப்பதில்லை; தொடுவானத்தைத் தொடுகிறது. ஜூன் 22 ஆம் தேதி முற்றும் பகற்காலமாக இருக்கும் (perpetual day).

ஜூன் 22 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு, ஞாயிறு தென் திசை திரும்பி செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி வான நடுவரையைத் தினசரிப் பாதையாகக் கொண்டு, அன்று பகல் இரவு சமமாகி, செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு மீண்டும் தென் திசைப் பயணத்தைத் தொடர்ந்து, பகல் குறைந்தும், இரவு நீண்டும் ஆகி, டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி மறுபடியும் ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை தொடு வானத்தைக் கடக்காமல் முற்றிலும் தொடு வானத்திற்குக் கீழேயே இயங்குகிறது. ஆகவே, டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி கடகக் கோட்டி

லுள்ளவர்களுக்கு முற்றும் இரவுக் காலம் (perpetual night) ஆகிறது.

டிசம்பர் 22 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு ஞாயிறு வடதிசை திரும்பி நாட்பட நாட்பட இரவு குறைவு பெற்று பகல் நீண்டு மறு ஆண்டு மார்ச்சு 22 ஆம் தேதி மேட முதற் புள்ளியை அடைந்து தன் ஆண்டு இயக்கத்தை முடிக்கிறது.

(f) வட உறைபனி மண்டலத்திலுள்ள இடங்களின் பகல் இரவு மாறுதல்கள் (Variations in the day and night for a place in north frigid zone) இங்கு $\phi > 90° - \omega$



படம் 49.

மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி ஞாயிறு மேட முதற்புள்ளியில் இருக்கும். அன்று வான நடுவரையே ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதையாகும். அது கிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றி மேற்குப் புள்ளியில் மறையும். அன்று பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகும். அதேபோலச் செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி ஞாயிறு துலா முதற்புள்ளியை அடையும்பொழுதும் பகல் இரவு சமமாகும்.

மார்ச்சு 21 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு அதன் நடுவரை விலக்கம் அதிகமாகிறது. அது தன் வடதிசைப் பயணத்தைத் தொடங்குகிறது. பகற்காலம் நீண்டு கொண்டும், இரவுக் காலம் குறைந்து கொண்டும் செல்லும். ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் அந்த இடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பியை அடையும்போது ($\delta = 90° - \phi$), ஞாயிறு மறையா விண்மீனின் தன்மையைப் பெற ஆரம்பிக்கிறது. அந்த நாளில் தொடுவானத்தைக் கடக்காமல் அதைத் தொடுகிறது. அன்று முற்றிலும் பகற்காலமாகவே இருக்கும். அன்று

முதல் ஜூன் 22 வரை முற்றும் பகற்காலம் (perpetual day). மேலும் ஜூன் 22-க்குப் பின்னரும் இக்காலம் தொடரும். ஞாயிறு தன் தென்திசைப் பயணத்தில் அதன் நடுவரை விலக்கம் $\delta = 90° - \phi$ ஆகும் வரை இந்த முழுப் பகற்காலம் நீடிக்கிறது.

அதன் பிறகு ஞாயிறு, செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி துலா முதற்புள்ளியை அடைகிறது. அன்று பகலும் இரவும் சமம். செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதிக்குப் பிறகு தென்திசைப் பயணத்தைத் தொடங்கி, பகல் குறைந்தும் இரவு நீண்டும் வருகிறது. மீண்டும் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கக் கோணம் 'δ' அவ்விடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பிக்குச் சமமாகும்பொழுது ($\delta = 90° - \phi$), ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை தொடுவானத்திற்கு மேல் உயர்வதில்லை. அந்த நடுவரை விலக்கத்தை அடையும் நாள் முற்றிலும் இரவுக் காலம் (perpetual night) தொடங்கும் நாளாகும். அன்று முதல் டிசம்பர் 22 வரையும். பின்னர் ஞாயிறு வடதிசை திரும்பி வருகையில் அதன் நடுவரை விலக்கம் $90° - \phi$-க்குச் சமமாகும் நாள் வரையிலும் இந்த முழு இரவுக் காலம் நீடிக்கிறது.

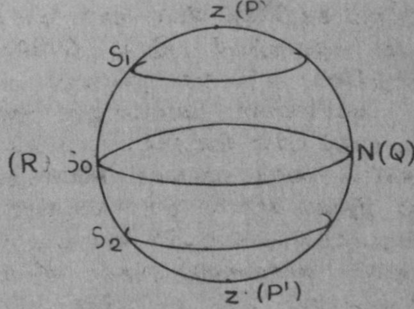
இந்த நாளுக்குப் பிறகு பகல் நீண்டும் இரவு குறுகியும் வந்து அடுத்த ஆண்டு மார்ச்சு 21ஆம் தேதி 'γ' ஐ அடையும்பொழுது மீண்டும் இரவும் பகலும் சமமாகின்றன.

(g) **வடதுருவத்தில் வாழும் பார்வையாளர்களுக்குப் பகல் இரவுக கால மாற்றங்கள்** (Variations in the lengths of day and night for an observer at the north pole)

இந்த இடத்தில் $\phi = 90°$, அதாவது $NP = 90°$. ஆகவே, வானக் கோளத்தின் தென்துருவங்கள் நேர்மேல்-நேர்கீழ் உச்சிப் புள்ளிகளுடன் இணைகின்றன. வான நடுவரை தொடுவானத்துடன் இணைகிறது.

மார்ச்சு 21ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதையாக தொடுவானமே அமைகிறது. அன்றுமுதல் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி வரை ஞாயிறு வடதிசையை நோக்கிச் செல்கிறது. அதன் பாதை நடுவரைக்கு இணையாக இருக்குமாதலால் அதன் தினசரிப் பாதை தொடுவானத்திற்கு மேலேயே அமையும். அன்றுமுதல் செப்டம்பர் 23ஆம் தேதி வரை அந்த இடத்திற்கு முற்றும் பகற்காலம் ஆகும். S_1 என்ற நிலையைச் ஜூன் 22ஆம் தேதி அடைந்து, தென்திசை திரும்பிச் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி மீண்டும் வான நடுவரையை அடையும்.

செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி முதல் தென்திசைப் பயணத்தைத் தொடங்கி S_2 என்ற நிலையை டிசம்பர் 22ஆம் தேதி அடைந்து அதன்பின் வடக்கே திரும்பி அடுத்த ஆண்டு மார்ச்சு 21ஆம் தேதி வான நடுவரையை அடையும். ஆகவே செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி முதல் அடுத்த ஆண்டு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி வரை வடதுருவத்திலுள்ளோர்க்கு முற்றிலும் இரவுக் காலமாகும்.



படம் 50.

ஆகவே, இந்த இடத்தில் 6 மாத காலம் முற்றும் பகற் காலமாகவும், ஆண்டின் மற்ற 6 மாதங்கள் முற்றும் இரவுக் காலமாகவும் இருக்கும்.

62. புவிக்கோளத்தின் தென்பகுதியில் உள்ளவர்களுக்கு ஓர் ஆண்டில் பகல இரவு மாற்றங்கள் (Variations in the lengths of day and night for a place in the northern hemisphere during the year)

வடபகுதியில் உள்ளவர்களுக்கு ஓராண்டில் பகல் இரவுக்கால மாற்றங்கள் பற்றி ஆராய்ந்தோம். தென்பகுதியில் உள்ளவர் களுக்கு இம் மாற்றங்கள் நேரெதிராக அமையும். ஆகவே, மார்ச்சு 21ஆம் தேதி முதல், பகற்காலம் குறைந்துகொண்டே சென்று, டிசம்பர் 22ஆம் தேதி மிகக் குறுகிய பகற்காலம் அமையும்.

செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி முதல் பகற்காலம் அதிகமாகிக் கொண்டு சென்று, டிசம்பர் 22ஆம் தேதி மிக நீண்ட பகற்காலம் அமையும். மார்ச்சு 21ஆம் தேதியும் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதியும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமம் அடையும்.

தென் உறை பனி மண்டலத்திலுள்ள இடத்தில் ஞாயிறு வட நடுவரை விலக்கத்தைப் பெற்றபோது முற்றும் இரவுக்காலமும்

தென் நடுவரை விலக்கத்தைப் பெற்றபோது முற்றும் பகற்காலமும் அமையும்.

ஜூன் 22ஆம் தேதி முற்றும் இரவுக் காலத்தின் நடுநாளாகவும் டிசம்பர் 22ஆம் தேதி முற்றும் பகற்காலத்தின் நடுநாளாகவும் அமையும்.

63. $\cos h = -\tan\phi \tan\delta$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ஓர் ஆண்டில் ஏற்படும் பகல் இரவுக் காலங்களின் மாற்றங்களை அறிதல் (Variations in the lengths of day and night during a year by using the formula $\cos h = -\tan\phi + \tan\delta$)

இந்த வாய்பாட்டில் 'h' ஞாயிறு தோன்றும்பொழுது அதன் உதயக்கோணம். 'ϕ' ஓரிடத்தின் அகலாங்கு, δ அந்த ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் (இது நடுவரைக்குத் தெற்கில் ஞாயிறு இயங்கும் போது தெற்காகவும், வடக்கில் ஞாயிறு இயங்கும்போது வடக்காகவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படும்.)

(a) எல்லா இடங்களிலும் மார்ச்சு 21ஆம் தேதியும் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதியும் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $(\delta) = 0$. ஆகையால் $\cos h = -\tan\phi \tan 0 = 0$.

$\therefore\ h = 90$. ஆகையால் பகற்காலம்

$$= \frac{2h}{15} \text{ மணிகள்} = \frac{2 \times 90^\circ}{15} = 12 \text{ மணிகள்}.$$

ஆகவே, மார்ச்சு 21ஆம் தேதியும், செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதியும் எல்லா இடங்களிலும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகும்.

(b) பூமியின் நடுவரையில் உள்ள இடங்களுக்கு $\phi = 0$ ஆகும். அந்த இடங்களில் δ-ன் மதிப்பு எதுவாக இருந்தாலும் $\cos h = 0$; $h = 90^\circ$; பகற்காலம் $\frac{2 \times 90}{15} = 12$ மணிகள், எனவே, ஓராண்டின் எல்லா நாட்களிலும் பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகும்.

(c) வடவெப்ப மண்டத்திலுள்ள இடங்களில் $(0 < \phi < \omega)$, 'ϕ' வட அகலாங்காகட்டும். மார்ச்சு 21ஆம் தேதிக்குப் பிறகு செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதிவரை δ மிகையாகும். $\tan\phi$, $\tan\delta$- இவ்விரண்டும் மிகையாகும்.

$$\therefore \quad \cos h = -\tan \varphi \tan \delta$$
$$= \text{குறையாகும் } (-)$$

ஆகையால், h, $90°$ ஐவிட அதிக மதிப்பைப் பெறும். δ-ன் மதிப்பு அதிகமாக அதிகமாக $\cos h$-ன் மட்டு மதிப்பு (modulus value) அதிகமாகும். h-ன் மதிப்பு $90°$-லிருந்து அதிகரித்துக் கொண்டு செல்லும். பகற்காலம் நீடித்துக்கொண்டு செல்லும். δ-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும் நாளில் பகற்காலம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும். ஜூன் 22ஆம் தேதி δ-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும். அன்று பகற்காலம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும். ஜூன் 22-க்குப் பிறகு செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி வரை பகற்காலம் இறங்குமுகமாகிச் செப்டெம்பர் 23ஆம் தேதி பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகும்.

செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு 'δ' தென் நடுவரை விலக்கமாகிறது. அதாவது δ-ன் மதிப்பு குறையாகும். ஆகவே, $\cos h$ மிகை மதிப்பைப் பெறும். h-ன் மதிப்பு $90°$ ஐ விடக் குறைவாகும். பகற்காலம் 12 மணியைவிடக் குறையும். பகற்காலம் குறைந்து கொண்டே சென்று δ மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும் நாளாகிய டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி மிகக் குறுகிய பகற் காலமாக இருக்கும். டிசம்பர் 22 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு δ வட நடுவரை விலக்கமாக மாறும். பகல் அதிகமாகி மறு ஆண்டு மார்ச்சு 21 ஆம் தேதி பகல் இரவுக் காலங்கள் சமமாகும்.

(d) வட மித வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில், $(\omega < \varphi < 90° - \omega)$ வட வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களைப் போல் பகல் இரவுக் காலங்கள் மாறும். ஆனால், பகற் காலம் அதிகரிக்கும் போது விரைவாக அதிகரிக்கும்; குறையும்போது விரைவாகக் குறையும்.

(e) வட உறைபனி மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் $(90° - \omega < \varphi < 90°)$ ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் (δ), அந்த இடத்தின் அகலாங்கின் நிரப்பிக்கு $(90° - \varphi)$-ச் சமமானால், அன்று அந்த இடத்தில் முற்றும் பகற் காலம் தொடங்கும்.

அதாவது,

$$\delta = 90° - \phi$$

$$\cos h = -\tan \phi \tan \delta$$
$$= -\tan \phi \tan (90° - \phi)$$

$$= -\tan\phi\cot\phi = -1$$

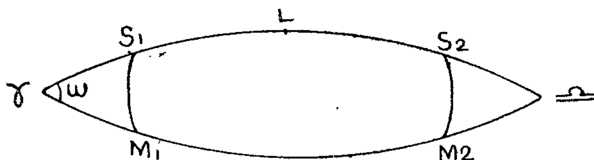
$$\therefore \quad h = 180^\circ.$$

$$\therefore \quad \frac{2h}{15} = \frac{2\times 180^\circ}{15} = 24 \text{ மணிகள்.}$$

இந்த முற்றும் பகல் கால நிலை $\delta = 90^\circ - \phi$ ஆகும் நாளன்று தொடங்கி δ-ன் மதிப்பு தன் மீப்பெரு மதிப்பு ω ஐ அடையும் வரை நீடித்துப் பின் ஞாயிறு தென் திசை திரும்பி வருகையில் அதன் நடுவரை விலக்கம் $\delta = 90^\circ - \phi$ ஆக இருக்கும் நாள் வரை நீடிக்கும் δ-ன் மதிப்பு $90^\circ - \phi$ ஐ விட அதிகமாகும் போது. $\tan\delta$, $\cot\phi$ ஐ விட அதிகமாகி $\cos h$-ன் மதிப்பு -1 ஐ விடக் குறைவாகும். ஆகவே, 'h' கற்பனை மதிப்பைப் (imaginary) பெறும். அப்பொழுது ஞாயிறு தோன்றுவதோ, மறைவதோ இல்லை. எப்பொழுதுமே தொடுவானத்தின் மேற் பகுதியிலேயே நிலவும். ஜூன் 22 ஆம் தேதி முற்றும் பகற் காலத்தின் நடு நிலை யாகும். அன்று ஞாயிறு தன் வடதிசைப் பயணத்தை முடித்துக் கொண்டு தென் திசைக்குத் திரும்பும்.

வான நடு வரைக்குத் தெற்கில் ஞாயிறு நிலவும்போது அதன் தென் நடுவரை விலக்கம் $\delta = -(90^\circ - \phi)$ ஆக இருக்கும்போது முற்றும் இரவுக் காலம் தொடங்கும். டிசம்பர் 22 ஆம் தேதி முற்றும் இரவுக் காலத்தின் நடு நாளாகும். இந்தக் காலத்தில் ஞாயிறு தோன்றுவதோ, மறைவதோ இல்லை.

64. $\varphi > 90^\circ - \omega$ உள்ள இடங்களில் 'முற்றும் பகல்' காலத்தின் அளவைக கண்டுபிடித்தல் (For a place $\varphi > 90^\circ - \omega$, to find the duration of perpetual day) (செ. ப.)



படம் 51.

ஓரிடத்தின் அகலாங்கு $\phi > 90^\circ - \omega$ ஆக இருக்கும்போது 'முற்றும் பகற்காலம் ஏற்படுகிறது,' முற்றும் பகற்காலம் தொடங்கும் போது ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $\delta = 90^\circ - \varphi$. 'முற்றும் பகற்'காலம் அன்று தொடங்கி ஞாயிற்றின் வடதிசைப் பயணத்தின்

போது நீடித்து மறுபடியும் ஞாயிறு தென்திசை திரும்பி வருகையில், $\delta = 90° - \varphi$ ஆகும் வரை முற்றும் பகற்காலம் நீடிக்கிறது. படம் 51-ல் S_1 என்ற நிலையில் ஞாயிற்றின் வடதிசைப் பயணத்தில் $\delta = 90° - \varphi$ ஆகட்டும். S_1 என்ற நிலையில் முற்றும் பகற்காலம் தொடங்குகிறது. S_2 என்ற நிலையில் ஞாயிறு தன் தென்திசைப் பயணத்தில் இருக்கிறது. அந்நிலையில் ஞாயிற்றின் $\delta = 90° - \varphi$ மதிப்பைப் பெறுகிறது. இந்த நிலையில் 'முற்றும் பகற்'காலம் முடிவடைகிறது.

முற்றும் பகற்காலம் = ஞாயிறு S_1 நிலையிலிருந்து S_2 நிலைக்கு வர எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகும்.

L, γ ≏-ன் நடுப்புள்ளி ஆகட்டும். L என்பது $S_1 S_2$-ன் நடுப்புள்ளியும் ஆகும். $S_1 L$ ஐ x என்று கொண்டால், $LS_2 = x$. ஆகவே $S_1 S_2 = 2x$. வான நடுவரைக்கு S_1-லிருந்து $S_1 M_1$ என்ற துணைக்குத்து வட்டத்தை வரைவோம். $S_1 M_1 = \delta$ ஆகும். (ஆனால் $\delta = 90 - \varphi°$)

$S_1 \gamma M_1$ என்ற கோளமுக்கோணத்தில்,

$$\frac{\sin \gamma S_1}{\sin \widehat{S_1 M_1 \gamma}} = \frac{\sin S_1 M_1}{\sin \widehat{S_1 \gamma M_1}}$$

$$\frac{\sin (90° - x)}{\sin 90°} = \frac{\sin \delta}{\sin \omega}$$

$$\frac{\cos x}{1} = \frac{\sin (90° - \varphi)}{\sin \omega}$$

$$\cos x = \frac{\cos \varphi}{\sin \omega}$$

$$x = \cos^{-1} \left(\frac{\cos \varphi}{\sin \omega} \right)$$

$$= \cos^{-1} (\cos \varphi \ \mathrm{cosec}\ \omega)$$

ஞாயிறு 360° நெட்டாங்குக்குச் செல்ல ஓர் ஆண்டு, அல்லது 365 நாட்கள் எடுத்துக் கொள்ளும்.

ஞாயிறு S_1-லிருந்து S_2 செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் காலம்

$$= \frac{365}{360} \times \text{வில் } S_1 S_2$$

$$= \frac{365}{360} \, 2x$$

$$= \frac{365}{180} \times \cos^{-1} (\cos \varphi \ \operatorname{cosec} \omega) \text{ நாட்கள்.}$$

$$= \frac{73}{36} \cos^{-1} (\cos \varphi \ \operatorname{cosec} \omega) \text{ நாட்கள்.}$$

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஓரிடத்தில் மீப்பெரு பகற் காலம், மீச்சிறு பகற் காலத்தைப்போல் இரு மடங்காகில் அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

மீப்பெரு பகற் காலத்தை உடைய நாளன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் ω° ஆகும். மீச்சிறு பகற் காலத்தை உடைய நாளன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் — ω° ஆகும். அவ்விரு நாட்களில் ஞாயிறு தோன்றும்பொழுது அதன் நேரக் கோணங்கள் முறையே h, h' ஆகில்,

$$\cos h = -\tan \varphi \ \tan \omega$$

$$\cos h' = \tan \varphi \ \tan \omega.$$

மீப்பெரு பகற்காலம் $= \dfrac{2h}{15}$

மீச்சிறு பகற் காலம் $= \dfrac{2h'}{15}$

இப்பொழுது, $\dfrac{2h}{15} = 2 \cdot \dfrac{2h'}{15}$.

(அ-து), $h = 2h'$

$$\cos h = \cos 2h'$$

$$\cos h = 2 \cos^2 h' - 1$$

$$-\tan \phi \ \tan \omega = 2 . \tan^2 \phi \ \tan^2 \omega - 1$$

$$2 \tan^2 \phi \ \tan^2 \omega + \tan \phi \ \tan \omega - 1 = 0$$

$$\therefore \ \tan \phi \ \tan \omega = \frac{1}{2} \text{ அல்லது } -1.$$

(அ-து) $\tan\phi \tan\omega = -1.$

$$\tan\phi = -\frac{1}{\tan\omega} = -\cot\omega.$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} + \omega \quad \text{(இது முடியாது).}$$

ஆகவே, $\tan\phi \tan\omega = \frac{1}{2}$

$$\tan\phi = \frac{1}{2}\cot\omega$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\cot\omega\right).$$

2. ஓர் ஆண்டில் எந்த இடத்திலும் ஞாயிறு தொடுவானத்தின் மேல் நிலவும் காலம், ஞாயிறு தொடுவானத்தின் கீழ் நிலவும் காலத்திற்குச் சமம். (செ. ப.)

ஞாயிற்றின் வட நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆகில்

$\cos h = -\tan\phi \tan\omega$; பகற்காலம் $= \frac{2h}{15}$.

ஞாயிற்றின் தென் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆகில்,

$\cos h' = \tan\phi \tan\omega$; பகற்காலம் $= \frac{2h'}{15}$.

$$\cos h = \cos h'.$$

$$h = (180° - h')$$

$$h + h' = 180°.$$

தென் நடுவரை விலக்கம் δ ஆகிய நாளில் இரவுக்காலம்

$$= 24 - \frac{2h'}{15}.$$

$$= 24 - \frac{2(180° - h)}{15}$$

$$= \frac{2h}{15}.$$

= வட நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆகிய நாளில் பகற்காலம்

ஓர் ஆண்டை இது மாதிரியான நாட்களாகப் பிரிக்கலாம். ஆகவே ஓர் இடத்தின் பகற்காலங்களின் மொத்த மதிப்பு = அந்த இடத்தில் இரவுக் காலங்களின் மொத்த மதிப்பு.

3. ஓர் இடத்தில் ஞாயிறு தொடர்ச்சியாகத் தொடு வானத்தின் மேல் ஆண்டின் $\frac{1}{n}$ பகுதி நிலவுவதாக இருந்தால், அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

முற்றும் பகற்காலம் $= \frac{1}{n}$ ஆண்டு.

ஆனால், முற்றும் பகற்காலம் $= \frac{1}{\pi} \cos^{-1} (\cos \phi \operatorname{cosec} \omega)$ ஆண்டு.

$$\therefore \quad \frac{1}{\pi} \cos^{-1} (\cos \phi \operatorname{cosec} \omega) = \frac{1}{n}$$

$$\cos \phi \operatorname{cosec} \omega = \cos \frac{\pi}{n}$$

$$\cos \phi = \sin \omega \cos \frac{\pi}{n}.$$

$$\phi = \cos^{-1} \left(\sin \omega \cos \frac{\pi}{n} \right)$$

அவ்விடத்தின் அகலாங்கு,

$$\phi = \cos^{-1} \left(\sin \omega \cos \frac{\pi}{n} \right)$$

பயிற்சி 5

1. புவிக் கோளத்தை வெவ்வேறு மண்டலங்களாகப் பிரிப்பதற்குத் தகுந்த வானியல் காரணங்கள் கூறுக.

2. ஞாயிற்றை நடுப்பகலில் நேர் உச்சியில் பெறக் கூடிய இடத்தின் மீப்பெரு அகலாங்கு (வடக்கு அல்லது தெற்கு) எவ்வள வென்று காண்க. (செ. ப.)

3. (i) ஞாயிறு நேர் உச்சி வழியாகச் செல்வதற்கும் (ii) ஞாயிறு தொடுவானத்தின் மேல் தொடர்ந்து ஒரு நாளைக்கோ அல்லது அதிக நாட்களுக்கோ இருப்பதற்கும் பார்வையாளர்

பூமியின் எந்த மண்டலத்தை அடையவேண்டு மென்பதைத் தகுந்த காரணங்களுடன் விளக்குக.

4. ஓர் ஆண்டில் சென்னையில் (அகலாங்கு $13°$ வ.) பகல் இரவுக் காலங்களில் ஏற்படும் மாறுதல்களைத் தகுந்த வரைபடங் களுடன் விளக்குக. (செ. ப.)

5. $\cos h = -\tan\phi \tan\delta$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்தி, $78°30'$ வ. அகலாங்குடைய இடத்தில் ஓர் ஆண்டின் நாட்களில் பகல் இரவுக் காலங்களின் மாறுதல்களைக் குறிப்பிடுக. (செ. ப.)

March 93

6. $\phi = 10°$ வ.; $\delta = +20°$. ஆகில், பகற் பொழுதின் கால அளவைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

7. புவியின் சுற்றுப் பாதை ஒரு வட்டம் எனக் கொண்டு, $72°$ வ. அகலாங்குடைய இடத்தில் முற்றும் பகற்காலத்தின் அளவு $= \left(\frac{\theta}{\pi}\right) 365\frac{1}{4}$ நாட்கள் என்றும், θ ஐ, $\cos\theta = \cos 72° \cos\omega$ என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கவேண்டும் என்றும் காண்பிக்கவும். (செ. ப.)

8. ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $20°$ வ. ஆனல், அதன் நெட்டாங்கைக் கண்டுபிடி. $70°$ வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் 'முற்றும் பகல்' எந்தத் தேதியில் ஆரம்பித்து எந்தத் தேதியில் முடிவடையும் என்பதைத் தோராயமாகக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

9. (i) மீச்சிறு பகற்காலம் $= 9^{ம.}\ 40^{நி.}$ (ii) அந்த மீச்சிறு பகலுடைய நாளில் ஞாயிறு மாலை 4 மணிக்கு மறைந்தால் அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் கண்பிடி.

10. மீப்பெரு பகற்காலம் உள்ள நாளில் ஞாயிறு 8 மணிக்கு மறைந்தால் அந்த இடத்தின் அகலாங்கைக் கண்டுபிடி.

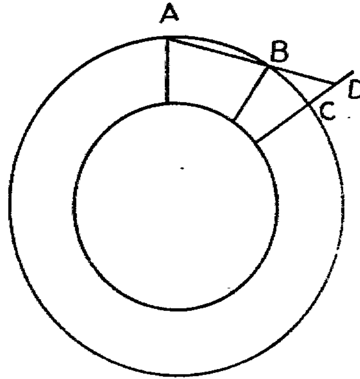
11. 'ϕ' வட அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஞாயிறு இலையுதிர் சம இரவுப் புள்ளியை அடையும் நாளுக்கு ஒரு மாதம் முன்னுள்ள நாளின் பகற்காலம், 'ϕ'' அகலாங்குடைய இடத்தின் மீப்பெரு பகற் காலத்திற்குச் சமமானல் $\tan\phi = \tan\phi' \sqrt{1+3\sec^2\omega}$ எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

12. வட மிதவெப்ப மண்டலத்தில் ϕ அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஞாயிறு தோன்றும்போது அதன் திசை வில் (A) நேரக் கோணம் (h) ஆகியவைகளின் மீப்பெரு, மீச்சிறு மதிப்புகள் முறையே,

$$\cos^2 A = \sin^2 \omega \sec^2 \phi$$

$$\cos^2 h = \tan^2 \omega \tan^2 \phi$$ ஆகுமென நிரூபி. (செ. ப.)

65. புவியின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் முறை (To find the radius of the earth)



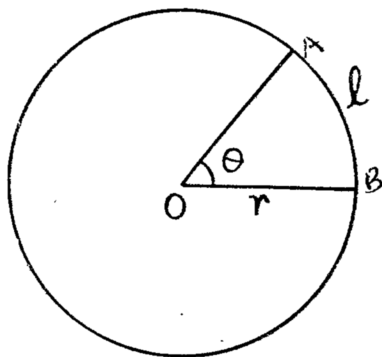
படம் 52.

படம் 52-ல் A, B, C மூன்று சம உயரமுள்ள கம்புகளின் உச்சிகள். இந்த மூன்று கம்புகளும் ஒரே நேர்கோட்டில் ஒரே சீரான வாய்க்காலில் நடப்பட்டிருக்கின்றன. A ஐயும், B ஐயும் சேர்த்து, Ab ஐ நீட்டினால் புவிக் கோளத்தின் வளைவு காரணமாக அது C வழியாகச் செல்லாது. மூன்றுவது கம்பை D-ல் வெட்டும். DA, DB, DC - இவைகளை அளக்கவும். மூன்று கம்பங்களின் உயரங்களும் சமமாகையால், அவைகளின் உச்சிகள் புவியின் மையத்தை மையமாகக் கொண்ட வட்டத்தின்மேல் அமையும். ABC என்ற வட்ட வில் மிகச் சிறியதாகையால் (புவியின் ஆரத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கையில்) இந்த வில் பூமியில் புறப்பரப்பில் அமைவதாகவே கொள்ளலாம். 'r' ஐப் புவியின் ஆரமாகக் கொண்டால்

$$DA \cdot DB = DC \cdot 2r$$

$$\therefore \quad r = \frac{DA \cdot DB}{2 \cdot DC}$$

66. இரண்டாவது முறை



படம் 53.

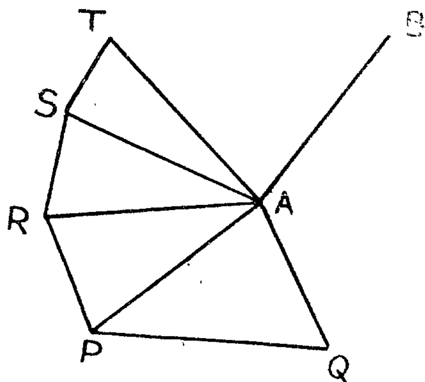
படம் 53-ல் A, B என்ற இடங்கள் புவியின் புறப்பரப்பில் ஒரே பெரு வட்டத்தின்மேல் அமையட்டும். இரண்டு இடங்களுக்கு மிடையே உள்ள தூரம் 'l' ஆக இருக்கட்டும். θ, இடங்களுக்கு இடையில் உள்ள கோண அளவை ஆகட்டும்.

'r' புவியின் ஆரமாகக் கொண்டால்,

$$l = r\theta$$

$$\therefore \; r = \frac{l}{\theta} \text{ ஆகும்.}$$

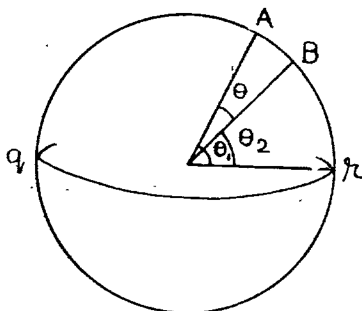
66·1. புவியின் புறப் பரப்பில் இரண்டு இடங்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் கணக்கிடும் முறை



படம் 54.

படம் 54-ல் A, B -க்கிடையே உள்ள தூரத்தை, முக்கோண முறைப் பரப்பு காணும் (Method of Triangulation) வழியைப் பயன்படுத்திக் காணலாம். P,Q என்ற சிறிது தூரத்தில் உள்ளதும், சம தளத்திலுள்ளதுமான புள்ளிகளிலிருந்து ' தியோடைலட் ' என்ற கருவியைப் பயன்படுத்தி A என்ற புள்ளியைப் பார்த்து முக்கோணம் APQ-ன் கோணங்களைக் கணக்கிடலாம். அதைக் கொண்டு PQ தூரத்தின் வாயிலாக AP, AQ ஆகிய இரண்டு தூரங்களைக் கணக்கிடலாம். அதே மாதிரி A, P என்ற புள்ளிகளிலிருந்து மற்றொரு புள்ளி R ஐப் பார்க்கலாம். முன் கூறியபடி AR ஐக் கணக்கிடலாம். அதே மாதிரி AS ஐ AR வாயிலாகவும், AT ஐ AS வாயிலாகவும் கணக்கிடலாம். தொடர்ந்து இம் முறையைக் கையாண்டு AB-ன் தூரத்தைக் காண முடிகிறது.

A, B என்ற இரண்டு இடங்களுக்கிடையே உள்ள கோண தூரத்தைக் (θ) கண்டு பிடித்தல். (To calculate the angular distance between two places A and B).



படம் 55.

படம் 55-ல் θ_1°, θ_2° முறையே A, B என்ற இடங்களின் அகலாங்காக இருக்கட்டும்.

$$\theta = \theta_1 - \theta_2$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{\pi}{180}(\theta_1 - \theta_2) \quad \{\text{ஆரையன் அளவை}\}$$

a_1, a_2 முறையே A, B என்ற இடங்களில் வானத் துருவத்தின் கோண வேற்றமாகட்டும்.

$$a_1 = \theta_1 \;; \quad a_2 = \theta_2$$

$$\therefore \quad \theta_1 - \theta_2 = a_1 - a_2$$

$$\therefore \quad \theta = (a_1 - a_2) \frac{\pi}{180} \quad \{ \text{ஆரையன் அளவை} \}$$

ஏதேனுமொரு விண்மீனை எடுத்துக் கொண்டு A, B-லிருந்து விண்மீனின் மேலுச்சியைக் கடக்கும்போது அதன் கோண வேற்றங்களைக் காண்போம். அவை α_1, α_2 ஆக இருக்கட்டும். 'p' விண்மீனின் துருவத் தூரமாகட்டும்.

$$\alpha_1 = \theta_1 + p$$

$$\alpha_2 = \theta_2 + p$$

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \theta_1 - \theta_2$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{\pi}{180} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

Z_1, Z_2 உச்சி வட்டத்தின் நேர் உச்சிப் புள்ளியிலிருந்து அளக்கப்பட்ட அதே விண்மீனின் உச்சித் தூரங்கள் (இரண்டு இடங்கள் A, B-லிருந்து) ஆனால்,

$$Z_1 = 90^\circ - \alpha_1 \,; \quad Z_2 = 90^\circ - \alpha_2$$

$$Z_1 - Z_2 = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{\pi}{180} (Z_2 - Z_1) \quad \{ \text{ஆரையின் அளவு} \}$$

$$\text{புவியின் ஆரை} = \frac{l}{\theta}$$

$$\text{இங்கு, } \theta = \frac{\pi}{180} (\theta_1 - \theta_2) = \frac{\pi}{180} (a_1 - a_2)$$

$$= \frac{\pi}{180} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$= \frac{\pi}{180} (Z_1 - Z_2)$$

87. புவி சுழல்கிறது என்பதற்குச் சான்றுகள் (Arguements in favour of earth's rotation)

1. ஞாயிறு, திங்கள், கோள்கள் மற்ற எல்லா வானப் பொருட்களும் பூமியைச் சுற்றிக் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் செல்லுவதாகத் தோன்றுகிறது. உண்மையில் அவையெல்லாம்

புவியைச் சுற்றிச் செல்ல வேண்டும் அல்லது புவி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகத் தன் வட தென் துருவக் கோட்டை அச்சாகக் கொண்டுச் சுழல வேண்டும். எல்லா வானப் பொருட்களும் பூமியி லிருந்து மிகத் தொலைவில் உள்ளன. அவைகள் புவியைச் சுற்றி நொடிக்குப் பல லட்சம் மைல்கள் வேகத்தில் சுற்ற வேண்டும். மேலும் வானப் பொருட்கள் புவியிலிருந்து வெவ்வேருன தூரங் களில் உள்ளன. அவைகளெல்லாம் சீராக ஒரே இடைவெளியில் சுற்ற வேண்டுமென்ருல் அவைகளெல்லாம் புவியுடன் ஒரு சட்டத் தால் இணைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இரட்டை விண்மீன்கள் அவைகளின் பொது ஈர்ப்பு மையத்தைச் சுற்றி இயங்குகின்றன. ஆகவே. புவியுடன் அவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆகவே, புவிதான் மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழல்கிறது என்ற கூற்றை ஒப்புக்கொள்கிருேம்.

2. மேலும், எல்லா வானப் பொருட்களும் புவியை விடப் பல மடங்குகள் உருவத்திலும் பருமனிலும் பெரிதாகவுள்ளன. இவைகள் சீரான நேரத்திலும் முறையிலும் புவியைச் சுற்ற வேண்டுமென்ருல், நம் சிறு புவிக்குப் பெரிதானதோர் ஈர்ப்புச் சக்தி இருக்க வேண்டும். அப்படி இருந்தால்தான் சீரான இயக்கம் ஏற்பட முடியும். புவிக்கு இவ்வளவு பெரியதொரு ஈர்ப்பு ஆற்றல் உள்ளது என்பதை ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

3. ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில், ஞாயிறு, திங்கள், மற்றும் எல்லாக் கோள்களும் தங்கள் தங்கள் அச்சைக் சுற்றிச் சுழல் கின்றன. புவியும் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாகையால், குடும்பக் கோட்பாடுக்கிணங்கத் தன் அச்சைச் சுற்றிச் சுழல வேண்டும் என்ற கூற்று நம்பகமாகவுள்ளது.

4. புவி சீரான கோள வடிவமுள்ளதன்று. புவி சிற்றச்சுக் கோள உரு (oblate shperoid) கொண்டதாகும். இந்த வடிவம், நீள்வட்டம் தன் சிறு அச்சை அச்சாகக் கொண்டு சுழல்வதால் ஏற்படும். புவிக்கோளத்தில் துருவ விட்டம், நடுவரை விட்டத்தை விடக் குட்டையானது. புவி பிறக்கையில் ஞாயிற்றிடமிருந்து பாய் பொருளாகக் (fluid) கோள வடிவில் பிறந்ததாகவும், மிகப் பெரிதானதொரு வேகத்தில் சுழன்றுகொண்டிருந்ததாகவும், நாள டைவில் வெப்பம் தணிந்து பாய் பொருள் திடப்பொருளாகையில் இந்த உருவத்தைப் பெற்றறு என்றும் கருதுகிருர்கள் பாய் பொருள் இயக்கவியலில் இந்தக் கூற்று உண்மையென நிரூபிக்கப் பட்டுள்ளது. ஆகவே. புவி சுழன்றுகொண்டே பிறந்து இன்னும் சுழன்றுகொண்டே இயங்குகிறது.

5. தற்காலத்தில் வானவெளி ஆராய்ச்சியின் பயனாகப் பல வானவெளிக் கப்பல்கள் பரந்த வானவெளியில் செலுத்தப்பட்டன. அவைகளில் பல வானவெளி வீரர்கள் பயணம் செல்கையில் புவியைக் கண்டு களிப்புற்று அது சுழல்வதையும் கண்கூடாகக் கண்டுள்ளனர்.

68. பூமி சுழல்வதைப் பரிசோதனைகள் மூலம் நிரூபித்தல் (Experiments for proving earth's rotation)

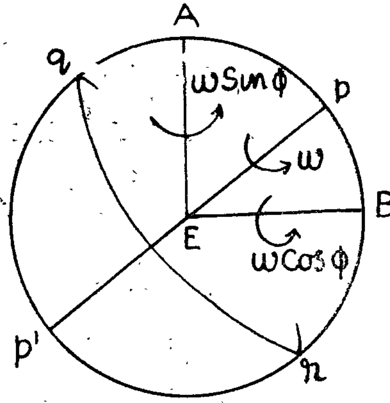
(i) ஃபோகால்ட்டின் ஊசலிச் சோதனை (Focault's pendulum experiment)

பாரிஸ் நகரத்தில் ஃபோகால்ட் என்ற விஞ்ஞானி மீள் இயல் பற்ற ஒரு நீளமான கயிற்றின் ஒரு நுனியில் ஒரு கனமான ஊசற் குண்டைக் கட்டி மற்றொரு நுனியை உயரமான ஒரு கட்டிடத்தின் உச்சிக் கூரையில் கட்டினார். அந்த ஊசற்குண்டின் அடிப் பாகத்தில் ஒரு பெரிய ஊசியைப் பொருத்தினார். ஊசியின் அடி முனை, மணலால் நிரப்பப்பெற்ற பெரிய தட்டில் மணற்பரப்பைத் தொடும்படி வைத்தார். ஊசற்குண்டு மெல்லிய நூலால் தென் திசையில் இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருந்தது.

பிறகு ஃபோகால்ட் மெல்லிய நூலை எரித்தார். உடனே ஊசலி தெற்கு வடக்காக உச்சி வட்டத்தளத்தில் ஊசலாடத் தொடங்கியது. ஊசற்குண்டில் பொருத்தப்பட்ட ஊசி மணலின் மேல் கோடுகளை ஏற்படுத்தத் தொடங்கியது. சிறிது நேரம் சென்ற பிறகு கோடுகளைப் பார்த்ததில் ஒரே நேர்கோட்டில் கோடுகள் அமையாமல், அவை வலஞ்சுழியாக நகர்ந்துள்ளதைக் கண்டார். ஊசலி ஊசலாடும் தளம் வலஞ்சுழியாக நகர்ந்திருக்க வேண்டுமென்றார். இதனால் புவி இடஞ்சுழியாகச் சுழல வேண்டும் என்ற கருத்தை அவரால் கண்கூடாக விளக்க முடிந்தது. புவி ஒரு மீன்வழி மணிக்குச் சுமார் $11°26'$ இடஞ்சுழியாகச் சுழல்கிறது என நிரூபித்தார்.

பரிசோதனையின் கோட்பாடு (Principle of the experiment)

படம் 56-ல், E என்பது புவி மையம். A என்பது ஊசலிச் சோதனை செய்யப்படும் இடம். 'ϕ' அவ்விடத்தின் அகலாங்காகும். புவி pp'ஐ அச்சாகக் கொண்டு $\omega°$ சுழல் வேகத்துடன் இடஞ்சுழியாகச் சுழல்கிறது. EB, EA-க்குச் செங்குத்துக் கோடாகட்டும். புவியின் சுழல் வேகம் ω ஐ இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். EB திசையில் $\omega\cos\phi$ ஆகவும், EA திசையில் $\omega\sin\phi$



படம் 56.

ஆகவும் கூறுகளாக்கலாம். எனவே, EA ஐத் தன்னிடத்தே கொண்டிருக்கும் தளம் ω sin ϕ சுழல் வேகத்தில் இடஞ்சுழியாகச் சுழலும். ஆனால் A இடத்திற்கு பூமி சுழல்வது தெரியாததாகையால் ஊசற்றளம் (plane of oscillation) சுழல் ω sin ϕ வேகத்தில் வலஞ்சுழியாகச் சுழல்வதைக் காணலாம். புவி தன் வட தென் துருவக்கோட்டை அச்சாகக்கொண்டு இடஞ்சுழியாகச் சுழல்வதை இது நிரூபிக்கிறது.

ஆகவே, ஊசற்றளம் ஒருமுறை சுற்றுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம்

$$T = \frac{2\pi}{\omega \sin \phi} \text{ மணிகள் (மீன்வழி மணிகள்)}$$

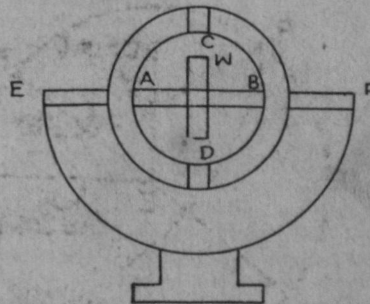
$$= \frac{360^\circ}{15 \sin \phi}$$

(பூமி ஒரு மீன்வழி மணிக்கு 15° சுழல்கிறது என்று நமக்கு முன்னரே தெரியும்.)

$$= \frac{24}{\sin \phi} \text{ மீன்வழி மணிகள்.}$$

(ii) **சுழல்கருவிச் (Gyroscope) சோதனை**

∴ போகால்ட்டின் சுழல் கருவிச் சோதனை புவியின் சுழற்சியைப் பற்றிய நல்லதொரு நிரூபணத்தைத் தருகிறது.



படம் 57.

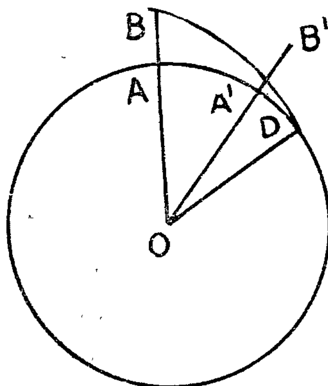
படம் 57-ல், W என்ற கனமான சக்கரம் AB என்ற சுற்றச்சை அச்சாகக் கொண்டு சுழல்கிறது. சுற்றச்சு AB வட்ட வடிவமான ஒரு சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த வட்ட வடிவமான சட்டம் மற்றொரு வட்ட வடிவமான சட்டத்தில் C, D என்ற இடங்களில் தாங்கப்படுகிறது. இந்த இரண்டாவது வட்ட வடிவமான சட்டம் மூன்றாவது வட்ட வடிவமான சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டு E, F என்ற இடங்களில் தாங்கப்படுகிறது.

W என்ற சக்கரத்தை C, D என்ற தாங்கு தானங்களைப் (supports) பொறுத்து $ACBD$ என்ற சட்டத்துடன் திருப்ப வேண்டும். பிறகு E, F என்ற தாங்கு தானங்களைப் பொறுத்து, $DECF$ என்ற சட்டத்தைத் திருப்ப வேண்டும். இப்பொழுது AB என்ற அச்சை நாம் விரும்பும் திசையைக் குறிப்பிடும் வகையில் அமைக்கலாம். AB, CD, EF என்ற மூன்று அச்சுகளும் சக்கரத்தின் ஈர்ப்பு மையத்தின் வழியாகச் செல்வதால், சுழல் கருவி நிலையாக இருக்க முடியும். ஈர்ப்பு விசையைத் தவிர யாதொன்றும் அதைத் திருப்ப முடியாது.

AB என்ற அச்சு குறிப்பிட்ட விண்மீனை நோக்குகையில் சுழல் கருவியின் சக்கரம் இயங்கத் தொடங்கினால், அந்த அச்சு எப்பொழுதும் விண்மீனை நோக்கியிருக்கும். ஆனால், விண்மீனின் தினசரி இயக்கத்தின் விளைவாக, அதன் நிலை புவியைப் பொறுத்த வரையில் தினசரி கீழ், மேல் திசையில் மாறும். விண்மீனின் திசை வான வெளியில் மாறாதாகையால், விண்மீனின் தினசரி நிலை மாற்றம், புவி அதன் அச்சை அச்சாகக் கொண்டு தினசரி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழல்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

(iii) எறியப்பட்ட பொருட்களின் பாதையைக் கொண்டு நிரூபித்தல்

மிக உயரத்திலிருந்து கீழே விழச் செய்யப்பட்ட பொருள். அப் பொருளின் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துக் கோட்டிற்குக் கிழக்காக வீழ்வதைக் காண்கிறோம். புவி மேற்கிலிருந்து கிழக் காகச் சுழல்வதை இது நிரூபிக்கிறது எனக் கொள்ளலாம்.



படம் 58.

படத்தில் O புவி மையம். 'a' புவியின் ஆரம். 'h' உயரமுள்ள கோபுரத்தின் உச்சி B ஆகவும், அடி A ஆகவும் இருக்கட்டும். புவி மேற்கிலிருந்து கிழக்காக w சுழல் வேகத்துடன் சுழலட்டும். A, B-ன் திசை வேகங்கள் முறையே $a w$, $(a+h) w$ ஆக இருக்கும். B-ன் வேகம் A-ன் வேகத்தைவிட அதிகம். A', B' முறையே 't' காலத்திற்குப் பிறகு A-ன், B-ன் நிலைகளாக இருக்கட்டும். AA', BB' தூரங்கள் 't' காலத்தில் A-ம், B-ம் சென்றிருக்க வேண்டும். புவி ஈர்ப்புக் காரணத்தாலும், புவி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழலும் காரணத்தாலும் B-லிருந்து எறியப்பட்ட பொருள் புவியில் D என்ற இடத்தில் விழும். வில் BD = வில் BB'. D என்ற இடம் கோபுரத்தின் அடி A-க்குக் கிழக்கில் அமைகிறது என்பதை எளிதில் காணலாம்.

குறிப்பு 1 : 'h' கோபுரத்தின் உயரமாகி, ϕ அவ்விடத்தின் அகலாங்காகி. g ஈர்ப்பு முடுக்கம் என்று கொண்டால்,

$$\text{கீழ் விலக்கம்} = \frac{2h}{3}\sqrt{\frac{2h}{g}}\,\omega\cos\phi$$

குறிப்பு 2 : புவி நடுவரையில் அமைந்திருக்கும் இடங்களில் கீழ் விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும். துருவங்களில் கீழ் விலக்கம் இராது.

எடுத்துக்காட்டான வினுக்கள்

30° அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஊசலி ஒன்று ஊசலாடினுல் ஊசலாடும் தளம் ஒரு முறை சுற்ற எவ்வளவு காலமாகும் ?

(செ. ப.)

காலம் $T = \dfrac{24}{\sin\varphi}$ மீன்வழி மணிகள்.

$= \dfrac{24}{\sin 30^\circ}$ மீன்வழி மணிகள்.

$= \dfrac{24}{1/2}$ மீன்வழி மணிகள்.

$= 48$ மீன்வழி மணிகள்.

$= 2$ மீன்வழி நாட்கள்

$= 2\,(23^{\text{ம}\cdot}\ 56^{\text{நி}\cdot}\ 4^{\text{வி}\cdot})$

$= 47^{\text{ம}\cdot}\ 52^{\text{நி}\cdot}\ 8^{\text{வி}\cdot}$

௨. 1000′ உயரத்திலிருந்து 60° அகலாங்குள்ள இடத்தில் எறியப்பட்ட பொருள் கீழே விழும்பொழுது ஏற்படும் கீழ் விலக்கத்தைக் கண்டுபிடி.

$$\text{கீழ் விலக்கம்} = \frac{2h}{3}\sqrt{\frac{2h}{g}}\,\omega\cos\phi$$

இங்கு $\phi = 60^\circ$; $h = 1000'$; $g = 32$ அ/வி^{2}.

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60}$$

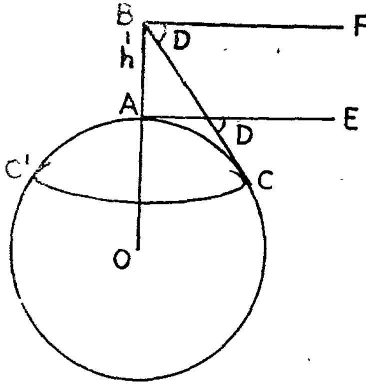
$$= \frac{2\times 1000}{3}\sqrt{\frac{2\times 1000}{32}} \times \frac{2\pi}{24\times 60\times 60}\cos 60^\circ$$

$$= \frac{2\times 1000}{3}\ \frac{10\sqrt{10}}{4} \times \frac{2\pi}{24\times 60\times 60} \times \frac{1}{2}$$

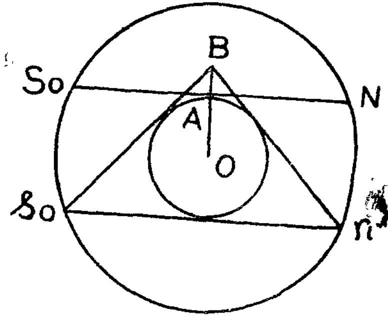
$$= \frac{100\pi\sqrt{10}}{144}$$

$$= 65'.$$

69. தொடுவானத் தாழ்வு (Dip of the horizan)



படம் 59.

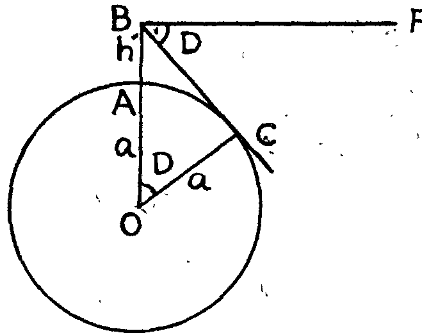


படம் 60.

படம் 59-ல் AB என்ற கோபுரம் h' உயரமுள்ளது. A கோபுரத்தின் அடி. B கோபுரத்தின் உச்சி. A-லிருக்கும் பார்வையாளர் A-ல் புவிக் கோளத்திற்குப் போடப்பட்ட தொடுதளத்தின் மேற்பகுதியிலுள்ள வானப் பொருள்களனைத்தையும் காண முடியும்; அதாவது, NS என்ற தொடு வானத்திற்கு மேலுள்ள எல்லா வானப் பொருள்களையும் காண முடியும். BCC' என்பது புவிக் கோளத்திற்கு B என்ற புள்ளியிலிருந்து வரையப்பட்ட தொடு கூம்பு (tangent cone from the point B to the earth) ஆகும். இக் கூம்பு வானக் கோளத்தை ns_0 என்ற சிறு வட்டத்தில் வெட்டட்டும். AE, A-லுள்ள தொடு வானத்தின் திசை. கோபுரத்தின் உச்சி B-லிருக்கும் பார்வையாளர் தொடுதளத்தின் மேற்பகுதியிலுள்ள வானப் பொருட்களை மட்டுமல்லாமல், தொடு வானத்திற்கும், ns_0 என்ற சிறு வட்டத்திற்கும் இடையேயுள்ள வானப் பொருள்களையும் காண முடிகிறது. B-ல் இருக்கும் பார்வையாளருக்கு ns_0 என்ற சிறு வட்டமே தொடுவானமாகும்.

இந்தச் சிறு வட்டத்தைக் கட் புலனாகும் தொடுவானம் (visible horizon of offing) எனச் சொல்கிறோம். B-ன் தொடு வானம் A-ன் தொடு வானத் திசையிலிருந்து $\widehat{FBC}$ என்ற கோண அளவில் தாழ்த்தப்பட்டிருக்கிறது. இந்தக் கோணத்தைத் தொடுவானத் தாழ்வு எனச் சொல்கிறோம். (dip of the horizon at B).

30. தொடுவானத் தாழ்வின் வாய்பாடு (Expression or formula for Dip)



படம் 61.

படம் 61-ல் O புவி மையம். AB கோபுரம். உயரம் h. BF, A என்ற இடத்தின் தொடுவானத் திசை. BC புவிக்கோளத்திற்குப் போடப்பட்ட தொடுகோடு. a' புவிக்கோளத்தின் ஆரை. A புவியின் மேலுள்ள பார்வையாளர். B கோபுரத்தின் உச்சியிலுள்ள பார்வையாளரின் நிலை. $F\hat{B}C = D$ தொடுவானத் தாழ்வு

$$D = F\hat{B}C = B\hat{O}C$$

$$\therefore \quad BC^2 = BO^2 - OC^2$$

$$= (a+h)^2 - a^2$$

$$= a^2 + 2ah + h^2 - a^2$$

$$= 2ah + h^2$$

$= 2ah$ (புவியின் ஆரையோடு ஒப்பிடும் பொழுது h-ன் அளவு மிகச் சிறியது. ஆகையால் h^2 ஐ விட்டுவிடலாம்.)

$$\therefore \quad BC = \sqrt{2ah}$$

$\triangle$ BOC-லிருந்து,

$$\tan D = \frac{BC}{OC} = \frac{\sqrt{2ah}}{a} = \sqrt{\frac{2h}{a}}$$

D மிகச் சிறியகோணம்.

$\therefore$ $\tan D = D$ (ஆரையன் அளவில்)

$$\therefore \quad D = \sqrt{\frac{2h}{a}} \text{ (ஆரையன் அளவில்)}$$

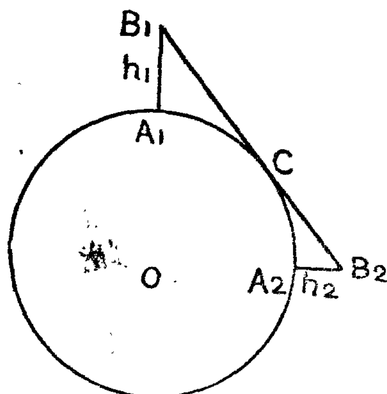
$$= \sqrt{\frac{2h}{a}} \times \frac{180 \times 60 \times 60}{\pi} \text{ விகலைகள்.}$$

குறிப்பு 1 : BC ஐப் பார்வையாளருக்கும், கட்புலனாகும் தொடுவானத்திற்கும் இடையே உள்ள தூரம் எனச் சொல்லுவோம்.

குறிப்பு 2 : புவியின் ஆரத்தை 3960 மைல்கள் எனக் கொண்டால், h அங்குலங்கள் உயரமுள்ள இடத்திலிருந்து கட்புலனாகும் தொடுவானத்தின் தூரம்

$$= \sqrt{\frac{2 \times 3960 \times h}{12 \times 5280}} = \sqrt{\frac{h}{8}} \text{ மைல்கள்.}$$

71. ஒன்றின் உச்சி மற்றொன்றின் உச்சியிலிருந்து தெரியக்கூடிய வகையில் அமையும் இரண்டு மலைகளின் உச்சிகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் கணக்கிடல் (To find the distance between two mountains whose tops are visible from each other). (செ. ப.)



படம் 62.

படம் 62-ல், $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ இரண்டு மலைகள். ஒன்றின் உச்சி, மற்றொன்றின் உச்சியிலிருந்து தெரிகிறது. ஆகையால் $B_1 B_2$ புவிக் கோளத்திற்கு ஒரு தொடுகோடாக அமையும். அது புவிக் கோளத்தை C என்ற புள்ளியில் தொடட்டும்,

$$A_1 B_1 = h_1, \quad A_2 B_2 = h_2.$$

இரண்டு மலைகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம்

$$= \text{வில் } A_1 A_2$$
$$= \text{வில் } A_1 C + \text{வில் } A_2 C$$
$$= B_1 C + B_2 C \text{ (தோராயமாக)}$$
$$= \sqrt{2ah_1} + \sqrt{2ah_2}$$

72. தொடுவானத் தாழ்வின் விளைவுகள் (Effects of dip)

1. கட்புலனாகும் தொடுவானம் தாழ்த்தப்பட்டிருப்பதால் தொடுவானத் தாழ்வின் காரணமாக வானப் பொருளின் கோண வேற்றம் D'' கூடுகிறது. ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து கணிக்கப்பட்ட வானப் பொருளின் கோணவேற்றம் α ஆனால், கோபுரத்தின் அடியிலிருந்து அதன் கோணவேற்றம் $\alpha - D''$ ஆகும். ஆகவே தரை மட்டத்திற்கு மேல் உயரமான இடங்களிலிருந்து வானப்பொருள்களின் கோணவேற்றம்கணக்கிடப்பட்டால், தரைமட்டத்திலுள்ள இடங்களுக்குக் கோணவேற்றத்தைக் கணக்கிடத் தொடுவானத் தாழ்வு D''ஐக் கழிக்கவேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் எல்லா வானப்பொருட்களுக்கும் தொடுவானத் தாழ்வின் அளவு ஒன்றேதான். ஏனென்றால், அது இடத்தின் உயரத்தையும், பூமியின் ஆரத்தையும் மட்டுமே பொறுத்ததாகும்.

2. B என்ற உயரமான இடத்தின் தொடுவானம் தாழ்த்தப்பட்டிருப்பதால் வானப் பொருட்கள் தரை மட்டத்திலுள்ள இடங்களில் தோன்று முன்பே B என்ற இடத்தில் தோன்றிவிடும். தரை மட்டத்திலுள்ள இடங்களில் மறைந்த பின்னர்த்தான் B என்ற இடத்தில் மறையும். தோற்ற மறைவு நேரங்கள்

$$\frac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$

விநாடிகள் முன்பும் பின்பும் முறையே இருக்கும். ஆகவே, வானப் பொருட்கள் தொடுவானத்திற்குமேல் நிலவும் காலம்

$$\frac{2D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$

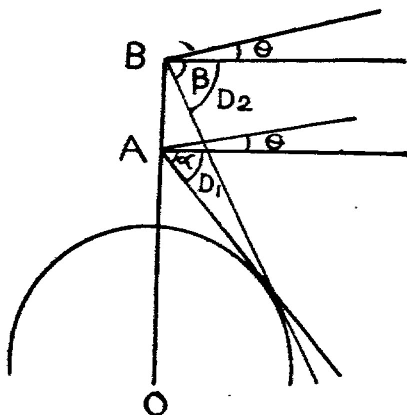
விநாடிகள் அதிகரிக்கும்,

தொடுவானத் தாழ்வு காரணமாக ஞாயிற்றின் தோற்றம் தரைமட்டத்திற்கு உயர்ந்த இடத்தில் முன்பே நிகழும். பகற் காலத்தின் அதிகரிப்பு தன் மீச்சிறு மதிப்பைச் சம இரவுப் புள்ளி

களில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுதும், மீப்பெரு மதிப்பை ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலைகளில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுதும் பெறும்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஒரு நேர் கோட்டிலுள்ள 'a' 'b' ஆகிய உயரங்களில் விண்மீனுக்கும் கட் புலனுக்கும் தொடு வானத்திற்குமிடையே α, β கோணங்கள் முறையே ஏற்படுமாகில், புவியின் ஆரம் தோராயமாக $\left[\frac{\sqrt{2b} - \sqrt{2a}}{\beta - \alpha}\right]^2$ என நிரூபி. (செ. ப., ம. ப.)



படம் 63.

விடை

படம் 63-ல் A, B என்ற இரண்டு பார்வையிடங்கள் முறையே 'a'. 'b' என்ற உயரங்களில் ஒரே நேர் கோட்டில் உள்ளன. புவியின் ஆரம் 'r' ஆக இருக்கட்டும். D_1, D_2 முறையே A, B என்ற இடங்களில் தொடுவானத் தாழ்வுகள் ஆகட்டும். α. β முறையே விண்மீன் திசைக்கும், கட் புலனுக்கும் தொடு வானத் திசைக்குமிடையே ஏற்படும் கோணங்கள் ஆகட்டும்.

$$A \text{ என்ற இடத்தில் தொடுவானத் தாழ்வு} = D_1 = \sqrt{\frac{2a}{r}}$$

$$B \text{ என்ற இடத்தில் தொடுவானத் தாழ்வு} = D_2 = \sqrt{\frac{2b}{r}}$$

விண்மீன் S, A, B-லிருந்து இணையான திசைகளில் தெரியும். A, B-லுள்ள தொடுவானத்தின் திசைகளுக்கும், விண்

மீனின் திசைக்கும் இடையேயுள்ள கோணம் 'θ' எனக் கொண்டால்,

$$\alpha = D_1 + \theta$$

$$\beta = D_2 + \theta$$

$$D_2 - D_1 = \beta - \alpha$$

$$\therefore \quad \beta - \alpha = \sqrt{\frac{2b}{r}} - \sqrt{\frac{2a}{r}}$$

$$\therefore \quad r = \left[\frac{\sqrt{2b} - \sqrt{2a}}{\alpha - \beta} \right]^2$$

2. 'ϕ' அகலாங்குள்ள இடத்தில் சம பகல் இரவு நாளன்று ஞாயிறு தோன்றும்பொழுது புவியின் ஆரத்தில் $\frac{1}{n}$ பங்கு உயரமுடைய மலையின் உச்சியில் தரை மட்டத்திலிருக்குமிடத்தை விட $\frac{12}{\pi \cos\phi}\sqrt{\frac{2}{n}}$ மணிகள் முன்னரே ஞாயிற்றின் ஒளி படுமெனக் காண்பி. (செ. ப.)

விடை

a = பூமியின் ஆரமெனக் கொள்வோம்.

$$\therefore \text{ மலையின் உயரம்} = \frac{a}{n}$$

மலையின் உச்சியில் தொடுவானத் தாழ்வு $= D = \sqrt{\frac{2h}{a}}$

$$= \sqrt{\frac{2}{n}} \text{ (ஆரையன்கள்)}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{n}} \times \frac{180^\circ}{\pi}.$$

ஞாயிற்றின் தோற்றத்தில் ஏற்படும் காலமுடுக்கம்

$$t = \frac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}} \text{ மணிகள்.}$$

சம பகல் இரவு நாளன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $\delta = 0$.

$$t = \frac{D}{15 \cos\phi} \text{ மணிகள்.}$$

$$= \frac{1}{15 \cos\phi}\sqrt{\frac{2}{n}} \times \frac{180}{\pi} \text{ மணிகள்}$$

$$= \frac{12}{\pi \cos\phi}\sqrt{\frac{2}{n}} \text{ மணிகள்}$$

3. 45° வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஒருவர் $\frac{1}{n}$ நாவிக மைல் உயரமுள்ள மலையில் ஏறினார். அவர் வடகிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றும் விண்மீனைத் தோராயமாக $8\sqrt{\frac{6}{n\pi}}$ நிமிடங்கள், தான் தரை மட்டத்திலிருந்து காணமுடியும் நேரத்திற்கு முன்னரே காண்பார் எனக் காண்பி. (செ. ப)

விடை :

விண்மீனின் திசைவில்லைக் கண்டறிய வாய்பாடு

$\cos A = \sin\delta \sec\phi$ ஆகும்.

இங்கு $\phi = 45^\circ$ வ. $A = 45^\circ$ (விண்மீன் வடகிழக்குப் புள்ளியில் தோன்றுகிறது என்பதனால்)

$$\cos 45^\circ = \sin\delta \sec 45^\circ$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \sin\delta \cdot \sqrt{2}.$$

$$\sin\delta = \frac{1}{2}$$

$$\delta = 30^\circ.$$

மலையின் உயரம் $h = \frac{1}{n}$ நாவிக மைல்; 'a' புவியின் ஆரமெனக் கொண்டால்,

$$\text{நாவிக மைல்} = \frac{2\pi a}{360 \times 60} \text{ நிமிடங்கள்}$$

$$\therefore \quad h = \frac{\pi}{180^\circ \times 60n} \text{ வில் நிமிடங்கள்}$$

தொடுவானத் தாழ்வு

$$= \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2\pi}{180^\circ \times 60^\circ \times n}} \text{ ஆரையன்கள்}$$

$$= \sqrt{\frac{2\pi}{180 \times 60 \times n}} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \text{ கலைகள்}$$

$$= \frac{6}{n\pi} \times 60 \text{ கலைகள்.}$$

தோற்ற நேரத்தின் முடுக்கம்

$$= t = \frac{D'}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$

$$= 60\sqrt{\frac{6}{n\pi}}\,\frac{1}{15\sqrt{\cos^2 45^\circ - \sin^2 30^\circ}}$$

$$= 8\sqrt{\frac{6}{n\pi}} \text{ நிமிடங்கள்.}$$

பயிற்சி 6

1. தொடுவானத் தாழ்வு என்றால் என்ன என்பதை வரையறுத்துச் சொல்லி, அது கோண அளவையில் எத்தனை விநாடி என்பதைக் காணும் வாய்பாட்டினைக் கண்டுபிடிக்கவும். (செ. ப.)

2. தொடுவானத் தாழ்வின் விளைவுகளைக் கூறுக.

3. தொடுவானத் தாழ்வின் விளைவினால் ஒரு வானப் பொருளின் தோற்றத்தில் ஏற்படும் முடுக்கம் $\dfrac{D}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ விநாடிகள் எனக் காட்டுக. (இங்கு D'' தொடுவானத் தாழ்வு எனக் கொள்ளவும்).

4. ஒரு கப்பலின் பாய்மரத்தின் ஒரு நிலையிலிருந்து ஞாயிறு மறையும்பொழுது அதன்மேல் விளிம்பின் இறக்கக் கோணம் δ எனக்கொள்வோம். அதே நேரத்தில் பாய்மரத்தின் மற்றொரு நிலையிலிருந்து (h' உயரத்திலுள்ள) பார்க்கும்பொழுது ஏற்படும் இறக்கக் கோணம் δ' எனக் கொள்வோம். இப்படியிருப்பின் புவியின் ஆரம் தோராயமாக $\dfrac{h\cos^2\delta}{(\delta' - \delta)\sin\delta}$ என நிரூபி. (செ. ப.)

5. புவிக்கோளத்தை 'r' ஆரமுள்ள உருண்டை எனக் கொண்டு கடல் மட்டத்திற்கு மேல் a உயரமுள்ள ஒரு மலை உச்சியிலிருந்து கடல் தொடுவானத்தின் அப்பாலுள்ள தொடுவானத்திலிருந்து 'e' உயரமுள்ள D தூரத்திலுள்ள மற்றொரு மலையின் உச்சியைப் பார்க்கமுடிந்தால், அதன் (அந்த மலையின்) உயரம் தோராயமாக $a + eD + D\left[\frac{D}{2r} - \sqrt{\frac{2a}{r}}\right]$ என நிரூபி.

6. 'θ' ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதைக்கும், தொடுவானத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணமாகி, δ ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கமாகி, கடல் மட்டத்திற்குமேல் புவியின் ஆரத்தில் $\frac{1}{n}$ மடங்கு உயரத்திலுள்ள பார்வையாளருக்குக் கடல் மட்டத்தில் இருப்பதைவிட ஞாயிறு $\frac{12 \sec\delta}{\pi \sin\theta}\sqrt{\frac{2}{n}}$ மணிகள் முன்னரே தோன்றுமெனக் காண்பி. (செ. ப.)

7. 60° அகலாங்குள்ள இடத்தில், மார்ச்சு 21ஆம் தேதி யன்று $66'$ உயரமுள்ள கோபுரத்தின் அடியைவிட உச்சியில் மறையும் ஞாயிறு 69 நொடிகள் அதிக நேரம் காணுமெனக் காண்பி. (பூமியின் ஆரத்தை 4000 மைல்கள் எனக் கொள்ளவும்.)

8. தொடுவானத் தாழ்வு D'' ஆனால் λ அகலாங்குள்ள இடத்தில் மார்ச்சு 21ஆம் தேதியன்று ஞாயிற்றின் தோற்றத்தின் முடுக்கம் $\left(\frac{D''}{15}\right) \sec\lambda$ விநாடிகள் எனக் காண்க. (செ. ப.)

9. கடல் மட்டத்திற்கு $80'$ உயரத்திலுள்ள பாய் மரத்திலிருக்கும் பார்வையாளர், கடல் மட்டத்திற்கு $100'$ உயரத்திலுள்ள விளக்கைப் பார்க்கிறார். அந்த விளக்கிலிருந்து அவருடைய தூரம் 21·75 நாவிக மைல்கள் என நிரூபி.

10. புவியின் ஆரத்தை 3960 மைல்களாகக் கொண்டு, 45° அகலாங்குள்ள இடத்தில், ஞாயிற்றின் கோடைத் திருப்பநிலை நாளன்று 3 மைல்கள் உயரமுள்ள மலையிலிருந்து பார்க்கையில், ஞாயிற்றின் மறைவு எவ்வளவு நேரம் பின்னடைகிறது எனக் காண்க.

73. சந்தி மெல்லொளி (Twilight)

நாள்தோறும் ஞாயிறு தோன்று முன்னும், மறைந்த பின்னரும் வானில் சிறிது நேரம் ஒரு வகையான மெல்லொளி நிலவுவதைக் காணலாம். வான மண்டலத்தில் நுண்ணிய தூசிகளும் நீர்த் திவலைகளும் உள்ளன. ஞாயிறு தொடு வானத்திற்குச் சற்றே கீழே இருக்கும்பொழுது அதன் ஒளிக் கற்றைகள் நம்மை நேராக அடைவதில்லை. ஞாயிற்றின் ஒளிக் கற்றைகள் தூசித் துளிகளால் பிரதிபலிக்கப்பட்டும் நீர்த் திவலைகளால் ஒளிக் கோட்டமடைந்தும் நம்மை வந்தடைகின்றன. இங்ஙனம் நம்மை வந்தடையும் ஒளி, மெல்லொளியாக உள்ளது. ஞாயிற்றின் மையம் தொடுவானத்திற்குக் கீழ்ச்-செங்குத்தாக 18° ஆழத்தில் இருக்கும்பொழுது நாம் சந்தி மெல்லொளியைக் காண்கிறோம். ஞாயிறு தோன்று முன் நிலவும் சந்தி மெல்லொளியை வைகறை மெல்லொளி (morning twilight) என்றும், ஞாயிறு மறைந்த பின்னர் நிலவும் சந்தி மெல்லொளியை அந்தி மெல்லொளி (evening twilight) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

ஞாயிற்றின் செங்குத்து ஆழம் தொடு வானத்திலிருந்து 6° ஆகும்வரை நிலவும் மெல்லொளியை 'நடைமுறை மெல்லொளி' (civil twilight) என்றும், 6° முதல் 12° வரை ஞாயிற்றின் செங்குத்து ஆழம் இருக்கையில் நிலவும் மெல்லொளியை 'நாவிக மெல்லொளி' (nautical twilight) என்றும் கூறுவர்.

74. சந்தி மெல்லொளி நிலவும் காலத்தைக் கணக்கிடல் (To find the duration of twilight)

படம் 64.

ஓரிடத்தின் அகலாங்கு ϕ என்றிருக்கட்டும். நாம் சந்தி மெல்லொளிக் காலத்தைக் கணக்கிடும் நாளன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆக இருக்கட்டும். கிழக்குத் தொடு வானத்தில் ஞாயிற்றின் நிலை தொடுவானத்திற்குக் கீழ் $1S$ ஆக இருக்கும் பொழுது வைகறை தொடங்கி. ஞாயிறு தொடுவானத்திற்குமேல் S_2 என்ற நிலைக்கு வரும்வரை நீடிக்கும்.

படம் 64-ல் NS_0 அந்த இடத்தின் தொடுவானம். ns_0 தொடு வானத்திற்குக் கீழ் $18°$ ஆழத்தில் அமையப்பெற்ற ஒரு சிறு வட்டம். Z, அவ்விடத்தின் நேருச்சி வடதுருவம்.

$$PS_1 = PS_2 = 90° - \delta; \quad ZP = 90° - \phi, \; ZS_2 = 90°$$

(ஏனென்றால், S_2 தொடுவானத்தில் மேல் உள்ளது)

$ZS_1 = 90° + 18° = 108°$; $Z\hat{P}S_1 = h_1$ என்றும்,

$Z\hat{P}S_2 = h_2$ என்றும் கொள்க.

கோண முக்கோணம் ZPS_1-ல், கொசைன் வாய்பாட்டின்படி,

$$\cos ZS_1 = \cos ZP. \cos PS_1 + \sin ZP. \sin PS_1 \cos h,$$

$$\cos 108° = \cos (90° - \phi). \cos (90° - \delta) + \sin (90° - \phi). \sin (90 - \delta) \cos h_1$$

$$-\sin 18° = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h_1$$

$$\therefore \quad \cos h_1 = -\frac{\sin 18° + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$(\text{அ-து}) \quad h_1 = \cos^{-1}\left[-\frac{\sin 18° + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}\right] \quad \dots \quad (1)$$

ϕ-ம், δ-ம் தெரிந்திருக்க h_1-ன் மதிப்பைக் காண முடியும்.

கோண முக்கோணம் ZPS_2 ஐ எடுத்துக் கொள்வோம். கொசைன் வாய்பாட்டின்படி

$$\cos ZS_2 = \cos ZP . \cos PS_2 + \sin ZP . \sin PS_2 . \cos h_2$$

$$\cos 90° = \cos (90° - \phi) . \cos (90° - \delta) + \sin (90° - \phi) . \sin (90° - \delta) \cos h_2$$

$$0 = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta . \cos h_2$$

$$\cos h_2 = -\tan\phi \tan\delta$$

$$h_2 = \cos^{-1}[-\tan\phi \tan\delta].$$

∴ வைகறை மெல்லொளிக் காலம் $= \dfrac{h_1 - h_2}{15}$ மணிகள்.

அதே போன்று,

அந்தி மெல்லொளிக் காலம் $= \dfrac{h_1 - h_2}{15}$ மணிகள்.

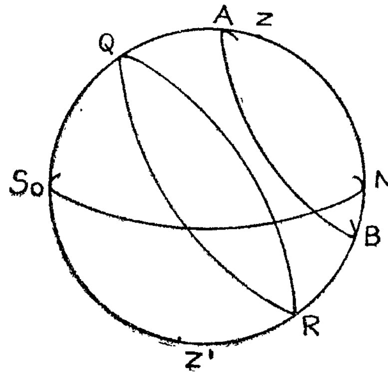
∴ ஒரு குறிப்பிட்ட நாளன்று சந்தி மெல்லொளிக் காலம்

$$= 2 . \frac{h_1 - h_2}{15} \text{ மணிகள்.}$$

குறிப்பு : சந்தி மெல்லொளிக் காலம், இடத்தின் அகலாங்கு (ϕ), ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் (δ) ஆகிய இரண்டையும் பொறுத்ததாகும். ஆகவே, குறிப்பிட்ட ஓரிடத்தில் வெவ்வேறு நாட்களில் சந்தி மெல்லொளிக் காலம் வெவ்வேறாக இருக்கும். அதேபோல, குறிப்பிட்ட நாளில் வெவ்வேறு இடங்களில் சந்தி மெல்லொளிக் காலம் வெவ்வேறாக இருக்கும்.

75. இரவு முழுவதும் சந்தி மெல்லொளி நிலவுவதற்கான நிபந்தனையைக் காணல் (To find the condition for the twilight to last for the whole night)

இரவு முழுவதும் சந்தி மெல்லொளி நிலவும் ஓரிடத்தின் அகலாங்கு 'ϕ' ஆக இருக்கட்டும். அன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆக இருக்கட்டும். AB ஞாயிற்றின் அன்றைய தினசரிப் பாதையாக இருக்கட்டும்.



படம் 65.

QR வான நடுவரையாக இருக்கட்டும். A, B ஞாயிற்றின் மேல், கீழ் உச்சிப் புள்ளிகள் (points of upper and lower transit). குறிப்பாக B, கீழ் உச்சிக் கடத்தற் புள்ளி. நள்ளிரவில் ஞாயிறு இப் புள்ளியில் கீழ் உச்சிப் புள்ளியைக் கடக்கும். இந்த நிலையில் ஞாயிறு 18° ஆழத்திலோ அதற்குள்ளேயோ அமைவதானல், அன்று சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடிக்கும்.

அதாவது $NB \leqslant 18°$

அதாவது $PB - PN \leqslant 18°$

அதாவது $90° - \delta - \phi \leqslant 18°$

அதாவது $90° - (\phi + \delta) \leqslant 18°$

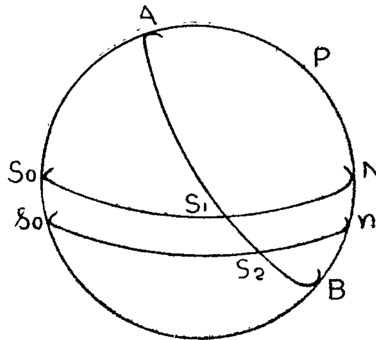
அதாவது $\phi + \delta \geqslant 90° - 18°$

$\phi + \delta \geqslant 72°$

'δ'-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $\omega°$ (23° 27′) ஆகும். அந்த மதிப்பை ஈடு செய்ய, $\phi \geqslant 48° 33'$.

ஆகவே, 48° 33′ -க்கு அதிகமான மதிப்புப் பெற்ற அகலாங்குள்ள இடங்களில் தான் சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நிலவ முடியும். அகலாங்கின் மதிப்பும் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கமும் சேர்ந்து 72° ஐ விட அதிகமான மதிப்பைப் பெறும் நாட்களில் சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடிக்கும்.

76. சந்தி மெல்லொளிக் காலத்தின் மீச்சிறு மதிப்பைக் காணல் (To find the duration of twilight when it is shortest)



படம் 66.

படம் 66-ல், NS_0, ஓரிடத்தின் தொடுவானம். ns_0, தொடுவானத்திற்குக் கீழ் 18°-ல் அமைந்துள்ள தொடுவானத்திற்கு இணையான ஒரு சிறு வட்டம். Z, நேருச்சிப் புள்ளி, P வான வடதுருவம். AB, ஞாயிற்றின் அன்றைய தினசரிப் பாதை. S_2, அன்று சந்தி மெல்லொளி தொடங்கும்போது ஞாயிற்றின் நிலை. S_1, சந்தி மெல்லொளி முற்றுப் பெறும்போது ஞாயிற்றின் நிலை. S_1 தொடுவானத்தின்மேல் அமைகிறது.

சந்தி மெல்லொளிக் காலம்=ஞாயிறு S_2 என்ற நிலையிலிருந்து S_1 எனும் நிலைக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும்

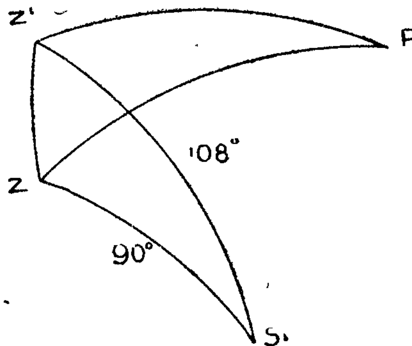
$$\text{காலம்} = \frac{S_1 \hat{P} S_2}{15} \text{ மணிகள்.}$$

உண்மையில், ஞாயிறு S_2 நிலையிலிருந்து, S_1 நிலைக்குச் செல்வதில்லை. ஆனால், வான உச்சி வட்டம் ZP, Pஐச் சுற்றிப் பல நிலைகளை அடைகிறது. ஞாயிறு S_2-ல் இருக்கும்பொழுது உச்சி வட்டத்தின் நிலை ZP என்றும், ஞாயிறு S_1 என்ற நிலைக்கு வந்தபொழுது உச்சிவட்டத்தின் நிலை $Z'P$ ஆகவும் கொண்டால், உண்மையில் ZP உச்சிவட்டம், $Z'P$ என்ற உச்சிவட்டமாக மாறும் நிகழ்ச்சியைத்தான், ஞாயிறு S_2-லிருந்து S_1 நிலைக்குச் செல்வதாக நாம் கருதுகிறோம்.

$$\text{ஆகவே,} \quad S_2 \hat{P} S_1 = \text{கோணம் } Z\hat{P}Z'$$

$S\hat{P}_2S_1$-ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= Z\hat{P}Z'$-ன் மீச்சிறு மதிப்பு.

ஆனால், ZPZ'-ன் மீச்சிறு மதிப்பு, ZZ' என்ற வில்லின் நீளம் மீச்சிறு மதிப்பைப் பெறும்போது ஏற்படும்.



படம் 67.

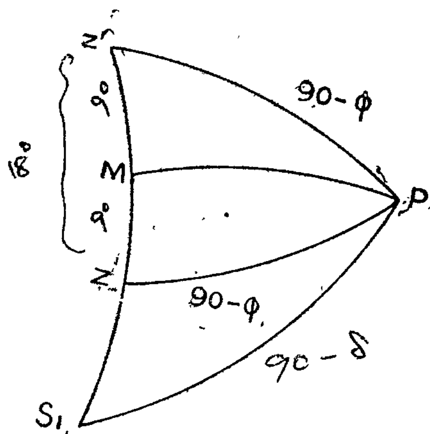
கோள முக்கோணக் கோட்பாட்டின்படி,

வில் ZZ' + வில் $ZS_1 \geqslant$ வில் $Z'S_1$

வில் $ZZ' + 90° \geqslant 108°$

வில் $ZZ' \geqslant 18°$

$\therefore$ வில் ZZ'-ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= 18°$ ஆனால் Z, Z', S_1 ஒரே வில்லில் அமையும்.



படம் 68.

ZZ' என்ற வில்லுக்கு P-லிருந்து PM என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரைவோம்.

$$ZP = Z'P \text{ ஆகையால்.} \quad Z'M = ZM = 9°$$

கோள முக்கோணம் PMZ-லிருந்து,

$$\cos PZ = \cos PM \cdot \cos MZ + \sin PM \sin MZ \cdot \cos P\hat{M}Z$$

(அ-து) $\cos(90° - \phi) = \cos PM \cos 9° + \sin PM \sin 9° \cos 90°$

(அ-து) $\cos(90° - \phi) = \cos PM \cdot \cos 9°$

(அ-து) $\sin\phi = \cos PM \cdot \cos 9°$

$$\cos PM = \frac{\sin\phi}{\cos 9°} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

கோள முக்கோணம் PMS_1-ல்,

$$\cos PS_1 = \cos PM \cdot \cos MS_1 + \sin PM \sin MS_1 \cos P\hat{M}S_1$$

(அ-து) $\cos (90^\circ - \delta) = \cos PM \cdot \cos 99^\circ$

(அ-து) $\sin \delta = -\cos PM \sin 9^\circ$

$$\cos PM = -\frac{\sin \delta}{\sin 9^\circ} \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

(1), (2)-இவற்றை ஒப்பிட,

$$\frac{\sin \phi}{\cos 9^\circ} = -\frac{\sin \delta}{\sin 9^\circ}$$

$$\sin \delta = -\sin \phi \tan 9^\circ$$

$$\therefore \quad \delta = \sin^{-1} [-\sin \phi \tan 9^\circ] \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

ஆதலால், ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் δ, (3)-ல் கண்ட மதிப்பைப் பெறும் நாளில் சந்தி மெல்லொளிக் காலம் மீச்சிறு மதிப்பைப் பெறும்.

$Z\hat{P}Z_1 = h$ எனக் கொண்டால்,

சந்தி மெல்லொளியின் மீச்சிறு மதிப்பு $\frac{h}{15}$ மணிகள்.

PM, கோணம் ZPZ' ஐ இரு சமமாக வெட்டுவதால்

$$Z\hat{P}M = \frac{h}{2}$$

கோள முக்கோணம் ZPM ஐ எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$\frac{\sin M\hat{P}Z}{\sin MZ} = \frac{\sin P\hat{M}Z}{\sin PZ}$$

$$\frac{\sin \frac{h}{2}}{\sin 9^\circ} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin (90^\circ - \phi)}$$

$$\frac{\sin \frac{h}{2}}{\sin 9^\circ} = \frac{1}{\cos \phi}$$

$$\sin \frac{h}{2} = \sin 9^\circ \sec \phi.$$

$$\frac{h}{2} = \sin^{-1} (\sin 9^\circ \sec \phi)$$

$$h = 2 \sin^{-1} (\sin 9^\circ \sec \phi)$$

சந்தி மெல்லொளிக் காலத்தின் மீச்சிறு மதிப்பு $= \frac{h}{15}$

$$= \frac{2}{15} \sin^{-1} (\sin 9^\circ \sec \phi) \text{ மணிகள்.}$$

77. பிற குறிப்புகள்

1. புவியின் நடுவரையின் மேல் அமையப்பெறும் இடத்தில் சந்தி மெல்லொளியின் காலம் மீச்சிறு மதிப்புள்ளதாகும். ஏனெனில், ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை அந்த இடத்தில் தொடு வானத்திற்குச் செங்குத்தாக அமையும். ஆண்டு முழுவதும் அதே போலத் தான் அமையும். ஆகவே, 18° ஆழத்திலிருந்து தொடு வானத்திற்குச் செல்வதற்கு ஞாயிறு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம், தன் மீச்சிறு மதிப்பை உடையதாகும். ஆனால், புவி நடுவரைப் பாதை தொடு வானத்திற்குச் சாய்வாக அமைவதால், அங்கெல்லாம் ஞாயிறு 18° ஆழத்திலிருந்து தொடு வானத்திற்கு வர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம், நடுவரையிலுள்ள இடங்களைக் காட்டிலும் அதிகமாகத் தான் இருக்கும் என்பதை நாம் தெளிவுறக் காண முடிகிறது.

2. புவி நடுவரையுள்ள இடங்களில் ஏதேனுமொரு நாளன்று சந்தி மெல்லொளிக் காலத்தைக் கணக்கிடல் :

புவி நடுவரை மேலுள்ள இடத்தில் வைகறை மெல்லொளித் தொடக்கத்தில் ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் h' ஆக இருக்கட்டும். அப்பொழுது,

$$\cos 108^\circ = \cos \delta \cos h' \quad \ldots \quad (A) \text{ ஆகும்.}$$

(δ ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம்) வைகறை மெல்லொளி முடியும் நேரத்தில் ஞாயிறு தொடுவானத்தை அடைகிறது. அதன் நேரக்கோணம் அப்பொழுது h என்று கொண்டால், $h = 90^\circ$ ஆகும்.

$h' - h = H$ எனக் கொள்க.

$h' = h + H = 90^\circ + H.$

$$\cos h' = \cos (90^\circ + H)$$
$$= -\sin H$$

ஆனால் $\cos h' = -\sin 18^\circ \sec \delta$ (A-லிருந்து).

$\therefore \quad H = \sin^{-1} (\sin 18^\circ \sec \delta)$

சந்தி மெல்லொளிக் காலம் $= \frac{12 H}{\pi}$ மணிகள்.

3. சம பகல் இரவு நாளன்று, $\delta = 0$.

$\sin H = \sin 18^\circ$

$H = 18^\circ$

சந்தி மெல்லொளியின் காலம் $= 18 \times 4'$

$= 72'$

ஆகவே, புவி நடுவரையிலுள்ள இடத்தில் சம பகல் இரவு நாளன்று சந்தி மெல்லொளிக் காலம் 72 நிமிடங்கள் ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டான விஞக்கள்

1. பிப்ரவரி மாதம் 6-ம் தேதி ஓரிடத்தில் சந்தி மெல் லொளி இரவு முழுவதும் நீடித்தால் அந்த இடத்தின் மீச்சிறு வட அகலாங்கின் மதிப்பைக் காண்க.

விடை

பிப்ரவரி 6-ம் தேதி ஞாயிற்றின் வட நடுவரை விலக்கம் $\Big\} = 12{\cdot}5^\circ$ தெ.

வாய்பாட்டின்படி, $\phi + \delta \geqslant 72^\circ.$

$\phi \geqslant 72^\circ + 12{\cdot}5^\circ$

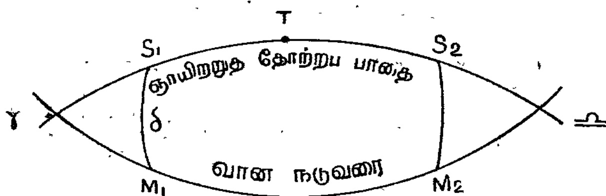
$\phi \geqslant 84{\cdot}5^\circ$

வட அகலாங்கின் மீச்சிறு மதிப்பு $84{\cdot}5^\circ$ ஆகும்.

2. ஞாயிறு தன் தோற்றப்பாதையில் சீரான வேகத்துடன் நகர்ந்து 365 நாட்களில் ஒரு சுற்று வரும் எனக் கொண்டு ϕ அகலாங்குள்ள ஓரிடத்தில் முழு இரவும் சந்தி மெல்லொளி நிலவு

மாறால், சந்தி மெல்லொளி நிலவும் நாட்களின் எண்ணிக்கை $\frac{73}{36}$ [cos (ϕ + 18°) cosec ω]-ன் முழு எண் பகுதியோ அல்லது அதற்கடுத்த எண்ணோ ஆகுமென நிருபி. (செ. ப.)

விடை



படம் 69.

சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நிலவுவதற்கு $\phi + \delta \geqslant 72°$ ஆக இருக்கவேண்டும். இங்கு 'δ' ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம். படத்தில் ஞாயிற்றின் நிலை S_1 ஆக இருக்கும்பொழுது அதன் நடுவரை விலக்கம் 'δ' ஆக இருக்கட்டும்.

அந்த நிலையில் சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நிலவத் தொடங்கட்டும். ஞாயிறு S_2 என்ற நிலைக்கு வரும் வரை, அதாவது தன் தென்திசைப் பயணத்தில் நடுவரை விலக்கம் δ ஐ அடையும் வரை சந்தி மெல்லொளி நீடிக்கும். $S_1 M_1$ என்ற செங்குத்துக் கோடு வான நடுவரைக்கும் $S_2 M_2$ என்ற செங்குத்துக் கோடு ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதைக்கும் வரையப்படட்டும்.

படத்தில் $\gamma S_1 M_1$ என்ற கோண முக்கோணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$S_1 M_1 = \delta; \quad M_1 \hat{\gamma} S_1 = \omega$$

$$\frac{\sin \gamma S_1}{\sin 90°} = \frac{\sin \delta}{\sin \omega}$$

$$\sin \gamma S_1 = \sin \delta \operatorname{cosec} \omega.$$

ஆனல், $\delta = 72° - \phi = 90° - (\phi + 18°)$

$$\sin \delta = \sin [90° - (\phi + 18°)]$$

$$= \cos (\phi + 18°)$$

$$\therefore \quad \sin \gamma S_1 = \cos (\phi + 18°) \operatorname{cosec} \omega$$

சந்தி மெல்லொளி நீடிக்கும் காலம் = ஞாயிறு, S_1-லிருந்து S_2-க்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் காலமாகும்.

$$= 2 . S_1 T$$
$$= 2 (90° - \gamma S_1)$$

முன் கணக்கிட்டபடி,

$$\sin \gamma S_1 = \cos (\phi + 18°) \operatorname{cosec} \omega$$

$$\therefore \cos (90° - \gamma S_1) = \cos (\phi + 18°) \operatorname{cosec} \omega.$$

$$\therefore 2 . (90 - \gamma S_1) = 2 . \cos^{-1} \left[\frac{\cos (\phi + 18°)}{\sin \omega} \right]$$

ஞாயிறு 360° சுற்ற 365 நாட்களை எடுத்துக்கொள்கிறது.

ஞாயிறு S_1-லிருந்து S_2-க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்

$$= \frac{365}{360} 2 \cos^{-1} \left[\frac{\cos (\phi + 18°)}{\sin \omega} \right]$$

$$= \frac{73}{36} \cos^{-1} \left[\frac{\cos (\phi + 18°)}{\sin \omega} \right] \text{ நாட்கள்.}$$

∴ சந்தி மெல்லொளி நிலவும் நாட்களின் எண்ணிக்கை

$$\frac{73}{36} \cos^{-1} \left[\frac{\cos (\phi + 18°)}{\sin \omega} \right]$$

என்ற விடையின் முழு எண் பகுதியாகவோ அல்லது அதன் அடுத்த முழு எண்ணாகவோ இருக்க வேண்டும்.

பயிற்சி 7

1. சந்தி மெல்லொளி என்றால் என்ன? அது எவ்வாறு ஏற்படுகிறது? (i) புவி நடுவரை மேல் அமையும் இடங்களிலும், (ii) அகலாங்கும், ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கமும் சேர்ந்து 72°-க்குக் குறைவாக உள்ள இடங்களிலும், சந்தி மெல்லொளி எவ்வளவு காலம் நீடிக்கும் எனக் கணக்கிடு. (செ. ப.)

2. 45° வ. அகலாங்குள்ள ஓரிடத்தில் (i) மிக நீண்ட நாளன்று, (ii) மிகக் குறுகிய நாளன்று, (iii) ஞாயிற்றின் நடு

வரை விலக்கம் (a) 10° வ. (b) 10° தெற்கு ஆக இருக்கும் பொழுதும் சந்தி மெல்லொளிக் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

3. ஒரு குறிப்பிட்ட நாளன்று ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $8^\circ 30'$ வ. அன்று புவி மேலுள்ள எந்த இடங்களில் (a) ஞாயிறு மறையாது ? (b) சந்தி மெல்லொளி முழு இரவும் நீடிக்கும் ?

4. நவம்பர் 6 ஆம் தேதி ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் $17^\circ 59'$ தெ. (i) புவி மேலுள்ள எந்த இடங்களில் ஞாயிறு மறையாது ? (ii) சந்தி மெல்லொளி முழு இரவும் நீடிக்குமானால் அந்த இடங்கின் அகலாங்கு என்ன ?

5. ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் (i) $10^\circ 15'$ வ. (ii) $20^\circ 15'$ தெ. ஆக இருக்கும் போது சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடிக்கும் இடங்களின் அகலாங்கின் எல்லைகளைக் காண்க.

6. (i) 70° வ. (ii) 65° தெ. அகலாங்குள்ள இடங்களில் சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடிக்குமானால் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கத்தின் எல்லைகளைக் காண்க.

7. புவி நடுவரை மேலுள்ள இடங்களிலோ அல்லது வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களிலோ சந்தி மெல்லொளி இரவு முழுவதும் நீடிக்குமா என்பதைத் தக்க காரணங்களோடு விளக்குக.

8. (i) சந்தி மெல்லொளியின் காலம் வெப்ப மண்டலத்தில் மிகக் குறைவாக இருப்பதற்கும் (ii) குறிப்பிட்ட தேதியில் புவியின் சில பாகங்களில் இரவு முழுவதும் சந்தி மெல்லொளி நிலவுவதற்கும் காரணங்கள் யாவை ?

9. சந்தி மெல்லொளி, ஞாயிறு தொடுவானத்திற்கு 18° கீழே செல்லும்பொழுது முடியுமானால், புவி நடுவரையிலுள்ள இடங்களில் அந்த மெல்லொளியின் காலம் $\frac{12}{\pi}\sin^{-1}(\sin 18^\circ \sec\delta)$ மணிகள் என நிரூபி. (செ. ப.)

10. A-ம் B-ம் புவியின் மீதுள்ள இரண்டு இடங்கள். A-ன் அகலாங்கு, B-ன் அகலாங்கைவிட 18° அதிகமாக உள்ளது. A உறைபனி மண்டலத்தில் உள்ளது. ஏதானுமொரு நாளில் A-ல் ஞாயிறு 24 மணி நேரமும் தொடுவானத்திற்கு மேலேயே இருப்பதானால், B-ல் அன்று முழு இரவும் சந்தி மெல்லொளி நீடிக்கும் எனவும், இதன் மறுதலையும் உண்மையெனவும் காட்டுக. (செ. ப.)

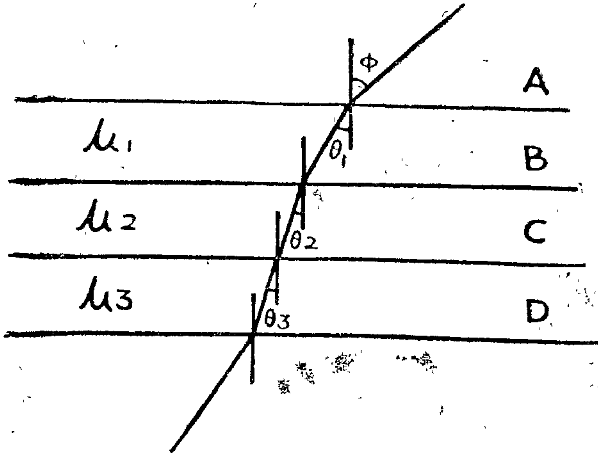
5. வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம்

(Astronomical Refraction)

78. ஒளிக்கதிர் ஒருபடித்தான ஊடகத்தில் செல்லும்பொழுது நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் செல்கிறது என்பதை நாமறிவோம். ஆனால் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்தில் ஒளிக்கதிர் பாயும்போது அவ்விரு ஊடகங்களுக்கும் பொதுவாகவுள்ள பிரிதளத்தில் அதன் திசை மாறுகிறது. இத்திசை மாற்றத்தை ஒளிக் கோட்டம் அல்லது ஒளிக்கதிர் கோட்டம் (Refraction) என்றழைக்கிறோம்.

79. ஒளிக்கோட்ட விதிகள் (Laws of refraction)

(i) படு கதிர், கோட்டக் கதிர், படுபுள்ளியில் போடப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு ஆகியவை மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.



படம் 70.

(ii) குறிப்பிட்ட இரு ஊடகங்களின் வழியே ஒளிக்கதிர் செல்லும்பொழுது படுகோணத்தின் சைனுக்கும், கோட்டக் கோணத்தின் சைனுக்கும் உள்ள விகிதம் மாறிலியாகும்.

படத்தில் A, B, C, D வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள ஊடகங்களாக இருக்கட்டும். B, C, D ஊடகங்களின் கோட்ட எண்கள் முறையே μ_1, μ_2, μ_3 ஆக இருக்கட்டும். 'ϕ', ஓரொளிக் கதிர் A என்ற ஊடகத்தின்மேல் படும்பொழுது ஏற்படும் படுகோணமாகட்டும். θ_1 கோட்டக் கோணமாகட்டும். ஒளிக்கோட்ட விதிப்படி,

$$\frac{\sin \phi}{\sin \theta_1} = \mu_1$$

அதே மாதிரி, $$\frac{\sin \phi}{\sin \theta_2} = \mu_2$$

$$\frac{\sin \phi}{\sin \theta_3} = \mu_3.$$

ஆகவே, $$\mu_1 \sin \theta_1 = \mu_2 \sin \theta_2 = \mu_3 \sin \theta_3 = \sin \phi.$$

80. வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம் (Astronomical Refraction)

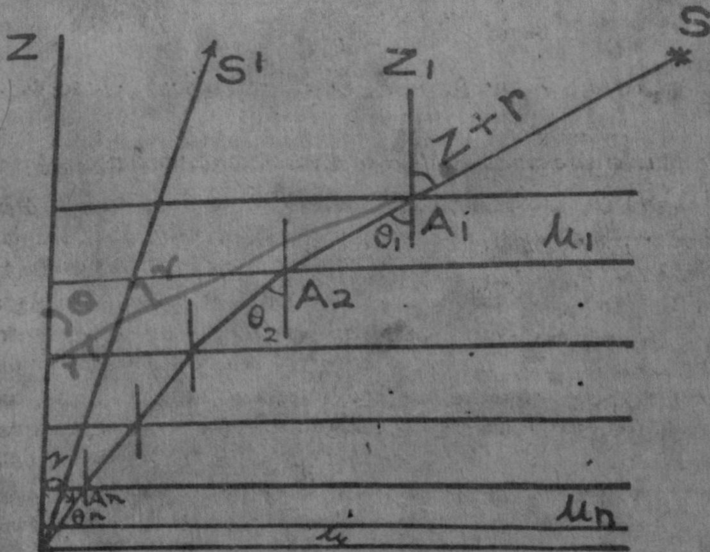
புவிக் கோளத்தைச் சுற்றி சுமார் 100 மைல்கள் உயரத்திற்கு அடர் மிகு வளி மண்டலம் நிலவுகிறது. இந்த வளி மண்டலம் முழு உயரத்திற்கும் சீரான அடர்த்தி உடையதல்ல. புவியிலிருந்து உயரே செல்லச் செல்ல அடர்த்தி குறைந்து கொண்டே செல்லும். 100 மைலுக்கப்பால் வெற்றிடம் (vacuum) உள்ளது என்று சொல்லலாம். ஒரு விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் வளி மண்டலத்தின் வழியாக ஊடுருவி புவியை அடைகிறது. வளி மண்டலத்தை வெவ்வேறு அடர்த்தியுடைய பல படிவங்களாகப் பிரிக்கலாம். புவியை நெருங்க நெருங்க வளி மண்டலத்தின் அடர்த்தி அதிகரிப்பதால் படிவங்களின் கோட்ட எண்கள் மாறும். ஒளிக்கதிர் புவியை அடையும்பொழுது அங்குள்ள பார்வையாளருக்கு அது புறப்பட்ட திசையிலிருந்து வருகிற மாதிரி தெரியாமல் வேறு ஒரு திசையிலிருந்து வருகிற மாதிரித் தெரியும். ஒளிக் கதிரின் திசையில் ஏற்படும் மாறுதலை 'வான ஒளிக் கதிர் கோட்டம்' (astronomical refraction or atmosphere refraction) எனச் சொல்கிறோம்.

81. ஒளிக்கோட்ட டான்சண்ட் வாய்பாடு (Tangent formula for refraction)

1. புவிக்கோளத்தைச் சுற்றி, சுமார் 100 மைல்கள் உயரத்திற்கு வளி மண்டலம் உள்ளது எனவும், அதற்கப்பால் வெற்றிடம் தான் உள்ளது எனவும் கொள்வோம்.

2. புவிக்கோளத்தின் வளைவைப் பொருட்படுத்தாமல் அதன் தளத்தைத் தட்டையாகக் கொள்வோம்.

3. வளி மண்டலத்தைப் பல படிவங்களாகப் பிரிப்போம். பிரிக்கப்பட்ட படிவங்கள் புவியின் தட்டையான தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். ஒவ்வொரு படிவத்தின் அடர்த்தியும் சீராகவுள்ளது எனக் கொள்வோம். ஆனால் படிவத்திற்குப் படிவம் அடர்த்தி மாறுமெனவும், அதனால் கோட்ட எண்கள் மாறுமெனவும் கொள்வோம். புவித்தளத்தை நெருங்க நெருங்க படிவங்களின் கோட்ட எண்கள் அதிகரிக்கும் மேற்கூறப்பட்ட மூன்று தற்கோள் (assumption) களின் அடிப்படையில் டான்சண்ட் வாய்பாடு பெறப்படுகிறது.



படம் 71.

S ஒரு விண்மீன். SA_1, S-லிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர். A_1 என்ற இடத்தில் அது வளி மண்டலத்தில் படுகின்றது. அடுத்தடுத்

துள்ள படிவங்களில் செல்லும்போது மேலும் மேலும் வளைந்து பூமியை A என்ற இடத்தில் அடைகிறது. வளி மண்டலத்தில் ஒளிக் கதிரின் பாதை வளைகோடாக அமையும். AS', A என்ற இடத்தில் ஒளிக்கதிர் பாதையின் கோட்டுக்குப் போடப்பட்ட தொடுகோடாகும். A ஐ இருப்பிடமாகக் கொண்ட பார்வையாளருக்கு ஒளிக்கதிர் $S'A$ என்ற திசையில் தெரியும். விண்மீன் மிகத் தொலைவிலுள்ளதால், $A_1 S$ என்ற திசையும், AS' என்ற திசையும் இணையாக இருக்கும். புவித் தளத்திற்கு A-ல், AZ என்ற செங்குத்துக்கோடு வரையப்பட்டுள்ளது. $Z\hat{A}S'$ என்றகோணத்தை விண்மீனின் தோற்ற உச்சித் தூரம் (apparent zenith distance) என்றும், கோணம் $Z\hat{A}S$ ஐ உண்மையான உச்சித் தூரம் (true zenith distance) என்றும் குறிப்பிடுவோம். ஒளிக் கதிர் $S'AS$ என்ற கோண அளவில் தன் திசையில் விலகியுள்ளது. ஒளிக் கோட்ட முதல் விதிப்படி, AZ, AS', AS ஒரே தளத்தில் அமையும்.

விண்மீனின் உண்மையான உச்சித் தூரம் $= Z + r$ (இங்கு r ஒளிக் கோட்டத் தொகையாகும்.)

ஒளிக் கோட்ட இரண்டாம் விதிப்படி,

$$\sin (Z + r) = \mu_1 \sin \theta_1 = \mu_2 \sin \theta_2 = \ldots = \mu \sin Z$$

$\mu_1, \mu_2 \ldots \ldots$ ஆகியவற்றை வளி மண்டலப் படிவங்களின் கோட்ட எண்களாகவும், μ ஐ புவியைக் தொட்டுக் கொண்டுள்ள படிவத்தின் கோட்ட எண்ணாகவும் கொள்கிறோம்.

'r' மிகச் சிறியக் கோணமாகையால் $\sin r \longrightarrow r$. மேலும் $\cos r \longrightarrow 1$. 'r' ஆரையன் அளவில் கொள்வோம்.

$$\sin (Z + r) = \sin Z \cdot \cos r + \cos Z \sin r.$$

$$= \sin Z + r \cos Z$$

$$\therefore \quad \sin Z + r \cos Z = \mu \sin Z$$

$$r \cos Z = (\mu - 1) \sin Z$$

$$r = (\mu - 1) \tan Z$$

$$= k \tan Z \qquad \text{இங்கு } k = \mu$$

$$\therefore \quad r = k \tan Z.$$

குறிப்பு: k ஐ ஒளிக் கோட்டக் கெழு (coefficient of refraction) எனச் சொல்வோம்.

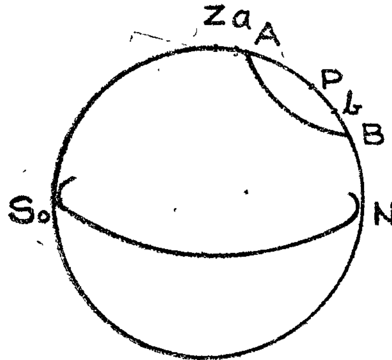
82. ஒளிக் கோட்டத்தினால் ஏற்படும் விளைவுகள் (Effect of Refraction)

ஒளிக் கோட்டத்தின் காரணமாக ஒரு வானப் பொருளின் இருப்பிடம், உச்சியையும் வானப் பொருளையும் சேர்க்கும் நிலைக் குத்து வட்டத்தின் மேல் உச்சியை நோக்கி ஒளிக் கோட்டத் தொகை அளவிற்கு விலகும். ஆகையால் அவ்வானப் பொருளின் உச்சித் தூரம் குறையும் ; கோண வேற்றம் அதிகமாகும்.

தோற்ற உச்சித் தூரத்தை 'Z' என்றும், ஒளிக் கோட்டத் தொகையை 'r' என்றும், உண்மையான உச்சித் தூரத்தை $(Z+r)$ என்றும் கொள்வோம் உச்சித் தூரம் அதிகமாக அதிகமாக ஒளிக் கோட்டத் தொகையும் அதிகமாகும். ஆகவே தொடுவானத் திற்கு அருகிலுள்ள வானப் பொருள்கள் உச்சித் தூரத்தை மிகுதி யாகப் பெற்றவையாதலால், அவைகளின் ஒளிக் கோட்டத் தொகையும் அதிகமாக இருக்கும்.

வானப் பொருளின் திசை வில்லும், மேல் கீழ் உச்சிக் கடத்தல் நேரங்களும் ஒளிக் கோட்டத்தால் மாறுது.

83. டான்சன்ட் வாய்பாட்டிலுள்ள ஒளிக் கோட்டக் கெழுவைக் காணல் (To find k, the coeffcient of refraction in the tangent formula)



படம் 72.

படத்தில் A, B முறையே ஒரு மறையா விண்மீனின் மேல் கீழ் உச்சிக் கடத்தற் புள்ளிகள். ஒளிக் கோட்டத்தினால், விண்மீன்

A-லிருக்கும்பொழுது 'a' என்ற நிலைக்கும், விண்மீன் B-லிருக்கும் போது 'b' என்ற நிலைக்கும் நகர்த்தப்படும்.

Za, Zb முறையே விண்மீனின் தோற்ற உச்சித் தூரங்களாகும். அவைகளை x_1, x_2 என்று கொள்வோம்.

$$ZA = x_1 + k \tan x_1$$

$$ZB = x_2 + k \tan x_2$$

ஆனால், $ZA + ZB = 2ZP = 2(90^\circ - \phi) = 180^\circ - 2\phi.$

$\therefore \quad x_1 + k \tan x_1 + x_2 + k \tan x_2 = 180^\circ - 2\phi.$

(அ-து) $(x_1 + x_2) + k(\tan x_1 + \tan x_2) = 180^\circ - 2\phi \quad \ldots (1)$

இதே மாதிரி மற்றொரு மறையா விண்மீனின் உச்சித் தூரங்களையும் பார்வையிட,

$$(y_1 + y_2) + k(\tan y_1 + \tan y_2) = 180^\circ - 2\phi \quad \ldots (2)$$

(1) ஐயும், (2) ஐயும் ஒப்பிட,

$$(x_1 + x_2) + k(\tan x_1 + \tan x_2) = (y_1 + y_2) + k(\tan y_1 + \tan y_2).$$

$$\therefore \quad k = \frac{y_1 + y_2 - x_1 - x_2}{(\tan x_1 + \tan x_2) - (\tan y_1 + \tan y_2)}$$

இதே மாதிரி பல விண்மீன்களைப் பார்வையிட்டு அவைகளின் உச்சித் தூர மாற்றங்களைக் கொண்டு k-ன் மதிப்புகளைப் பெற்று, அவைகளின் சராசரி மதிப்பை k-ன் சரியான மதிப்பாகக் கொள்ளலாம்.

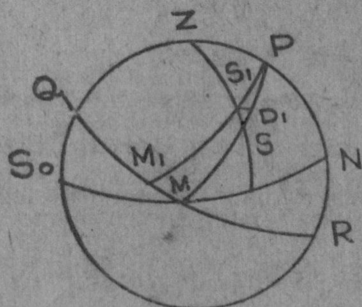
குறிப்பு : அழுத்தமும் வெப்பமும் இயல்பான நிலையில் இருக்கையில் k-ன் மதிப்பு $58{\cdot}2''$ ஆகும். ஆகவே 45° உச்சித் தூரமுள்ள ஒரு விண்மீன் ஒளிக் கோட்டம் காரணமாக $58{\cdot}2''$ உச்சியை நோக்கி நகர்ந்திருக்கும்.

84. ஒளிக் கோட்டத்தினால் வானப் பொருட்களின் தோற்ற மறைவு நேரங்களில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Effect of refraction on the times of rising and setting of celestial bodies)

வானப் பொருள் தொடுவானத்திற்குச் சற்றுக் கீழே இருக்கும் பொழுது ஒளிக் கோட்டத்தினால் அப் பொருள் தொடுவானத்தில்

இருக்கும். எனவே வானப் பொருளின் தோற்ற நேரம் முடுக்கப் படும். அதேபோல் வானப் பொருளின் மறைவு நேரம் தாமதமாகும்.

85. ஒளிக் கோட்டத்தால் விண்மீனின் வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கம் முதலியவைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்



படம் 73.

படம் 73-ல் S, விண்மீனின் நிலையாகவிருக்கட்டும். அதன் வானக் கூறுகள், முறையே, வல ஏற்றம், நடுவரை விலக்கம் (α, δ) ஆக இருக்கட்டும். ஒளிக் கோட்டத்தால், S, S_1 என்ற நிலைக்கு நகர்த்தப்படும். விண்மீனின் தோற்ற உச்சித் தூரம் Z எனக் கொண்டால்,

$$SS_1 = k \tan Z$$

PSM, PS_1M_1, P-லிருந்து வான நடுவரைக்குப் போடப் பட்ட துணைக் குத்து வட்டங்கள். S_1D_1, PS-க்குப் போடப்பட்ட நிலைக் குத்து வட்டம். $S_1\hat{S}D_1$ = விண்மீனின் விழிக் கோட்ட வழுச் சார்ந்த கோணம் 'η' ஆகும்.

$$\text{வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்} = \Upsilon M - \Upsilon M_1 = MM_1$$

படத்தில்,

$$S_1D_1 = MM_1 \,.\, \sin PS_1$$

ஆனால், $S_1D_1 = SS_1 \,.\, \sin \eta$

$$= k \tan Z \,.\, \sin \eta$$

$\therefore\ k \tan Z \cdot \sin \eta = MM_1 \cdot \sin (90^\circ - \delta)$

$= MM_1 \cdot \cos \delta$

$\therefore\ MM_1 = k \tan Z \cdot \sin \eta \cdot \sec \delta$

$\therefore$ வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$= k \tan Z \cdot \sin \eta \cdot \sec \delta \quad \ldots \quad \ldots \quad (A)$

நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= SD_1$

$= k \tan Z \cdot \cos \eta \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (B)$

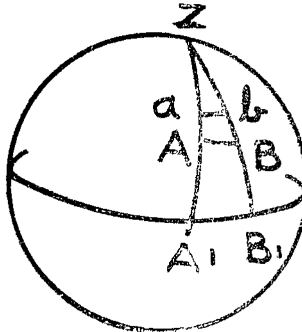
ஆகவே ஒளிக் கோட்டத்தில் வல ஏற்றம் $k \tan Z \cdot \sin \eta \cdot \sec \delta$ அளவில் குறைகிறது. நடுவரை விலக்கம் $k \tan Z \cdot \cos \eta$ அளவில் அதிகமாகிறது.

நேரக் கோணத்தில் ஏற்படும் மாறுதல், வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதலையே பெறும்.

$\therefore$ நேர்க் கோணத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

$= k \tan Z \cdot \sin \eta \cdot \sec \delta$

86. ஒரு கிடை வில்லில் ஒளிக் கோட்டத்தால் ஏற்படும் மாறுதல்
(Effect of refraction on a small horizontal arc)



படம் 74.

படத்தில் AB ஒரு கிடைவில். அதன் நீளம் D ஆக இருக்கட்டும். ab, ஒளிக் கோட்டத்தால் ஏற்படும் அதன் புதிய நிலையாக இருக்கட்டும். அதன் புதிய நீளம் 'd' ஆக இருக்கட்டும்.

Z, வில்லின் உச்சித் தூரமாக இருக்கட்டும்.

$$\therefore \quad Z = Za = Zb$$

$$k \tan Z = Aa = Bb$$

$A_1 B_1$, AB என்ற சிறு வட்ட வில்லுக்கு இணையாகவுள்ள ஒரு வட்ட வில் ஆகட்டும்.

$$AB = A_1 B_1 \,.\, \sin ZA$$

$$D = A_1 B_1 \,.\, \sin (Za + aA)$$

$$= A_1 B_1 \,.\, \sin (Z + k \tan Z) \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

மேலும். $ab = A_1 B_1 \,.\, \sin Za$

$$d = A_1 B_1 \sin Z \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

$$\therefore \quad \frac{D}{d} = \frac{\sin (Z + k \tan Z)}{\sin Z}$$

$$= \frac{\sin Z \,.\, \cos (k \tan Z) + \cos Z \,.\, \sin (k \tan Z)}{\sin Z}$$

$k \tan Z$ மிகச் சிறியதாகும். $\therefore \quad \cos (k \tan Z) = 1$

$$\sin (k \tan Z) = k \tan Z.$$

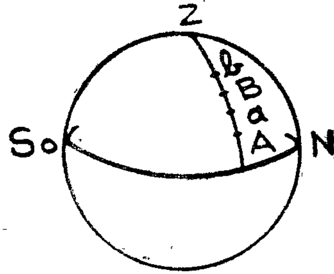
$$\therefore \quad \frac{D}{d} = \frac{\sin Z + \cos Z \,.\, k \tan Z}{\sin Z}$$

$$= 1 + k$$

$$\therefore \quad d = \frac{D}{1 + k} = D (1 + k)^{-1}$$

$d = D(1 - k)$ [தோராயமாக].

87. ஒளிக் கோட்டத்தால் ஒரு சிறு செங்குத்தான வட்டவில்லில் ஏற்படும் மாறுதல் (Effect of refraction on a small vretical arc)



படம் 75.

படத்தில் AB, ஒரு சிறிய செங்குத்தான வட்டவில். அதன் நீளம் D எனக் கொள்வோம். ஒளிக்கோட்டத்தால் அதன் புதிய நிலை 'ab' ஆக இருக்கட்டும். அதன் புதிய நீளம் 'd' ஆக இருக்கட்டும்.

Z, B-ன் தோற்ற உச்சித் தூரமாகட்டும்.

$$Zb = Z; \; bB = k \tan Z.$$

$$Za = Zb + ba \doteq Z + d.$$

$$aA = k \tan Za = k \tan (Z + d).$$

$$\therefore \quad AB - ab = (aA + aB) - (bB + aB)$$

$$= aA - bB.$$

$$D - d = k \tan (Z + d) - k \tan Z.$$

$$= k \left[\frac{\sin (Z + d)}{\cos (Z + d)} - \frac{\sin Z}{\cos Z} \right].$$

$$= k \left[\frac{\sin (Z + d) \cdot \cos Z - \cos (Z + d) \cdot \sin Z}{\cos (Z + d) \cdot \cos Z} \right]$$

$$= k \left[\frac{\sin d}{\cos Z \cdot \cos (Z + d)} \right]$$

'd' மிகச் சிறியதாகையால், $\sin d = d$; $\cos(Z+d) = \cos Z$.

எனவே,

$$D - d = k\left[\frac{d}{\cos Z \cos Z}\right] = k \cdot d \cdot \sec^2 Z$$

$$D = d(1 + k\sec^2 Z).$$

$$\therefore \quad d = \frac{D}{1 + k\sec^2 Z} = D(1 + k\sec^2 Z)^{-1}.$$

$$= D(1 - k\sec^2 Z).$$

88. தோன்றும் பொழுது (அல்லது மறையும் பொழுது) முழு மதியின் அல்லது ஞாயிற்றின் வடிவம் [Shape of full moon's (or sun's) disc at rising (or setting)]

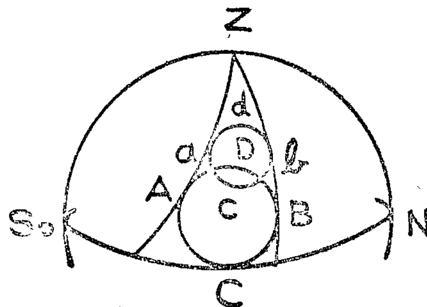
முழு மதியின் விட்டம் 'D' ஆக இருக்கட்டும். அதாவது கிடை விட்டமும் செங்குத்து விட்டமும் சமம். தொடுவானத்திற்குப் பக்கத்தில் இருக்கும் பொழுது அதன் தோற்ற உச்சித் தூரம் 'Z' ஆக இருக்கட்டும். ஒளிக் கோட்டத்தால் தோற்ற கிடை விட்டம் $= D(1-k)$ ஆகிறது. தோற்ற செங்குத்து விட்டம் $= D(1 - k\sec^2 Z)$ ஆகிறது.

எப்பொழுதும் $\sec^2 Z > 1$

$$\therefore \quad -k\sec^2 Z < -k$$

$$1 - k\sec^2 Z < 1 - k$$

$$D(1 - k\sec^2 Z) < D(1 - k).$$



படம் 76.

புதிய செங்குத்து விட்டம் < புதிய கிடை விட்டம்.

ஆகவே தோன்றும் பொழுது (அல்லது மறையும் பொழுது) முழு மதியின் செங்குத்து விட்டம் கிடைவிட்டத்தை விடக் குறைவாக இருப்பதால் அதன் வடிவம் நீள் வட்ட வடிவத்தைப் பெறும்.

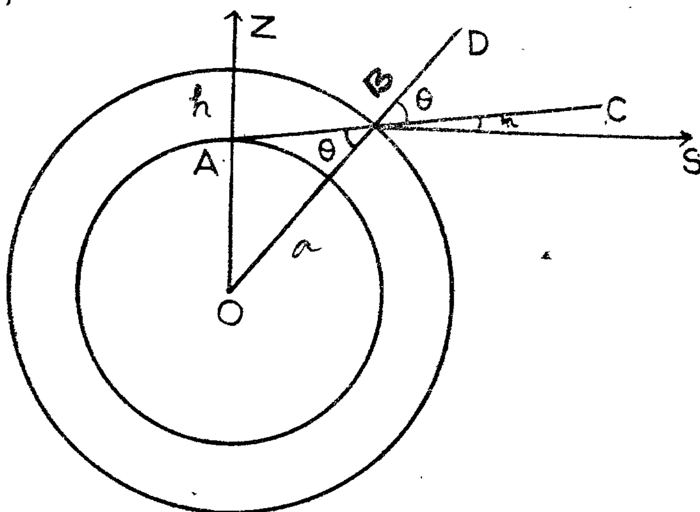
படத்தில் $AB = 30'$

$Cc = 33'$; $Dd = 28 \cdot 4'$

cd, CD ஐ விட $4 \cdot 6'$ குறைவு.

ஆகவே $a\ c\ b\ d$-ன் உருவம் நீள்வட்ட வடிவமாகிறது.

89. காசினி வாய்பாடு (Cassini's formula for refraction)



படம் 77.

காசினி வாய்பாடு சில தற்கோள்களின் அடிப்படையில் பெறப் படுகிறது. அவைகளாவன :

1. புவிக்கோளத்தைச் சுற்றிச் சிறிது உயரத்திற்குத்தான் வளி மண்டலம் உள்ளது. அதற்கப்பால் வெற்றிடம்தான் உள்ளது.

2. வளி மண்டலம் முழுமையும் ஒரு படித்தானது. எனவே வளி மண்டலத்தின் கோட்ட எண் ஒரு மாறிலியாகும்.

படத்தில், S ஒரு விண்மீன். விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் B என்ற புள்ளியில் வளி மண்டலத்தை அடைகிறது.

வளி மண்டலத்தில் நுழையும்பொழுது ஒளிக்கதிரின் திசை மாறுகிறது. திசைமாறிய ஒளிக்கதிர் A என்ற இடத்தில் புவியை அடைகிறது.

A-லுள்ள பார்வையாளருக்கு வான நேர் உச்சி OA என்ற கோட்டின் நீட்சியில் அமையும். $Z\hat{A}B$ என்ற கோணம், விண்மீனின் தோற்ற உச்சித் தூரம் 'r' ஒளிக் கோட்டத் தொகையாகட்டும்.

அதாவது $S\hat{B}C = r$; $A\hat{B}O = \theta$ என்போம்.

$S\hat{B}D = \theta + r$ ஆகிறது. ஒரு படித்தான வளி மண்டலத்தின் கோட்ட எண் μ எனக் கொண்டால்,

$$\frac{\sin(\theta + r)}{\sin\theta} = \mu$$

$$\sin(\theta + r) = \mu \sin\theta$$

$$\sin\theta \cos r + \cos\theta \sin r = \mu \sin\theta$$

'r' மிகச் சிறியதாகையால், $\cos r \rightarrow 1$, $\sin r \rightarrow r$.

$$\sin\theta + \cos\theta \, . \, r = \mu \sin\theta$$

$$r = (\mu - 1)\tan\theta \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (1)$$

'a' புவியின் ஆரமாகவும், ஒரு படித்தான வெளி மண்டலத்தின் உயரம் 'Z' ஆகவும் கொள்வோம். 'h'-ன் மதிப்பு 'Q' உடன் ஒப்பிடும்பொழுது மிகக் குறைவு. $\frac{h}{a}$ மிகக் குறைவான மதிப்பாகும்.

படத்தில் $\frac{\sin Z}{\sin\theta} = \frac{OB}{OA} = \frac{a + h}{a} = 1 + \frac{h}{a}$

$\frac{h}{a} = x$ எனக் கொள்க. x மிகச் சிறியதாகும்.

$$\frac{\sin Z}{\sin\theta} = 1 + x$$

$$\sin\theta = \frac{\sin Z}{1 + x}$$

$$\therefore \cos\theta = \sqrt{1 - \sin^2\theta}$$

$$= \sqrt{1 - \left(\frac{\sin Z}{1+x}\right)^2}$$

$$= \frac{\sqrt{(1+x)^2 - \sin^2 Z}}{1+x}$$

(அ-து) $\cos\theta = \dfrac{\sqrt{1 + x^2 - 2x - \sin^2 Z}}{1+x}$

$$= \frac{\sqrt{2x + \cos^2 Z}}{1+x}$$

(x மிகச் சிறியதாகையால் x^2ஐ விட்டுவிடவும்)

$$\therefore \tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\dfrac{\sin Z}{1+x}}{\dfrac{\sqrt{2x + \cos^2 Z}}{1+x}}$$

$$= \frac{\sin Z}{\sqrt{2x + \cos^2 Z}} = \frac{\tan Z}{\sqrt{1 + 2x \sec^2 Z}}.$$

$$= \tan Z\,(1 + 2x \sec^2 Z)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \tan Z\,(1 - x \sec^2 Z) \quad \text{[தோராயமாக]}$$

$$= \tan Z\,[1 - x(1 + \tan^2 Z)]$$

$$= \tan Z - x \tan Z\,(1 + \tan^2 Z)$$

$$= \tan Z\,(1 - x) - x \tan^3 Z.$$

$$r = (\mu - 1)\tan\theta$$

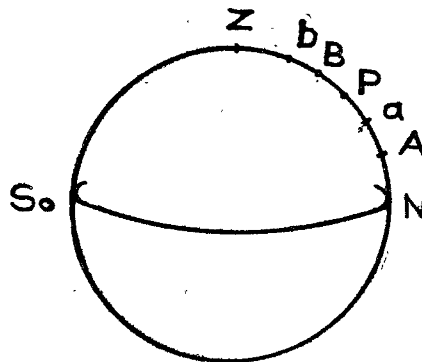
$$= (\mu - 1)[\tan Z\,(1 - x) - x \tan^3 Z]$$

$$= A \tan Z + B \tan^3 Z$$ (இங்கு A-ம், B-ம் மாறிலிகள்)

90. காசினி வாய்பாட்டிலுள்ள மாறிலிகள் A, B ஐக் காணல்.
(To find the constants A & B in Cassini's formula)

A, B ஒரு மறையா விண்மீனின் கீழ், மேலுச்சிக் கடத்தற் புள்ளிகள். a', b' முறையே விண்மீனின் A, B என்ற நிலைகளின் ஒளிக்கோட்டமடைந்த நிலைகள்,

$$ZA + ZB = 2ZP = 2(90^\circ - \phi) = 180^\circ - 2\phi$$
$$ZA + ZB = Za + aA + Zb + bB$$
$$= x_1 + A\tan x_1 + B\tan^3 x_1 + x_2 + A\tan x_2 + B\tan^3 x_2$$
$$\therefore\ (x_1 + x_2) + A(\tan x_1 + \tan x_2) + B(\tan^3 x_1 + \tan^3 x_2) = 180^\circ - 2\phi.$$



படம் 78.

மற்ருெரு விண்மீனைக் காணும்போது,

$$(y_1 + y_2) + A(\tan y_1 + \tan y_2) + B(\tan^3 y_1 + \tan^3 y_2) = 180^\circ - 2\phi.$$

ϕ-ன் மதிப்புத் தெரிந்திருந்தால் மேற் கூறிய இரண்டு சமன்பாடுகளைக் கொண்டு A, B-ன் மதிப்புகளைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

ϕ-ன் மதிப்புத் தெரியாவிடில் மற்ருெரு விண்மீனைப் பார்வையிடுகையில்,

$$(Z_1 + Z_2) + A(\tan Z_1 + \tan Z_2) + B(\tan^3 Z_1 + \tan^3 Z_2) = 180^\circ - 2\phi.$$

இந்த மூன்று சமன்பாடுகளைக் கொண்டு A, B-ன் மதிப்புகளைக் கணக்கிடலாம்.

91. கிடை ஒளிக் கோட்டம் (Horizontal refraction)

தொடுவானத்திற்கு மிக அண்மையில் உள்ள வானப் பொருட்களின் ஒளிக் கோட்டத்தைக் கிடை ஒளிக் கோட்டம் (horizontal

refraction) என்று சொல்கிறோம். ஒளிக் கோட்டத்தால் வானப் பொருள் நேருச்சிப் புள்ளியை நோக்கி நகர்த்தப்படுகிறது. வானப் பொருளின் உண்மையான நிலை அந்த அளவில் தாழ்த்தப்பட வேண்டும். ஒளிக் கோட்டத் தொகை $k \tan Z$ அல்லது $A \tan Z + B \tan^3 Z$ எனக் கண்டோம். தொடுவானத்தருகில் அமைந்துள்ள வானப் பொருட்களின் உச்சித் தூரம் தோராயமாக 90° ஆகும். எனவே ஒளிக் கோட்டத் தொகை எண்ணிலியாகும். ஏனெனில் $\tan 90^\circ = \infty$. ஆதலால், டான்சன்ட் வாய்பாடோ அல்லது காசினி வாய்பாடோ தொடுவானத்திற்கு அருகாமையிலுள்ள வானப் பொருள்களின் ஒளிக் கோட்டத் தொகையைக் காணப் பயன்படாது. இதை வேறு ஒரு வழியில் காண வேண்டும்.

கிடை ஒளிக் கோட்டத் தொகையின் மதிப்பு தோராயமாக $34'$ ஆகும்.

92. தொடுவானத்திற்கு அருகாமையிலுள்ள வானப் பொருட்களின் ஒளிக் கோட்டத் தொகையைக் காணும் முறை (Method of finding the refraction of celestial bodies situated near the horizon at low altitudes)

ஒரு தெரிந்த விண்மீன் தொடு வானத்திற்கு அருகாமையில் வரும்பொழுது அதன் உச்சி வட்டத் தூரத்தையும் மீன்வழி நேரத்தையும் கணக்கிடுவோம். அதன் நேரக் கோணத்தை $t = \alpha \pm h$ என்ற வாய்பாட்டின்படி கணக்கிடுவோம் விண்மீன் தெரிந்திருப்பின் அதன் நடுவரை விலக்கம் தெரிந்திருக்கும். ZPS என்ற கோள முக்கோணத்தை உபயோகித்து, உண்மையான உச்சித் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம். இடத்தின் அகலாங்கு தெரிந்திருக்க வேண்டும். தோற்ற உச்சித் தூரத்திற்கும் உண்மையான உச்சித் தூரத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம், அந்த நேரத்தில் அந்தக் கோண ஏற்றத்தில் ஏற்படும் ஒளிக் கோட்டத் தொகையாகும்.

சோதனைகள் வாயிலாக, வானப் பொருட்கள் தொடு வானத்தின் மேல் அமையும்பொழுது ஒளிக் கோட்டத் தொகை $34'$ என்றும், வானப் பொருள் $30'$ கோண வேற்றத்தில் அமையும் போது ஒளிக் கோட்டத் தொகை $28'{\cdot}4$ என்றும் கண்டுள்ளார்கள். தொடு வானத்திலிருக்கும் வானப் பொருட்களிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக் கதிர்கள் புவியை அடைய மிக நீண்ட தூரம் வளி மண்டலத்தில் ஊடுருவ வேண்டும். அதனால்தான் ஒளிக் கோட்டத் தொகை தொடு வானத்திற்கருகில் அதிகமாக இருக்கிறது.

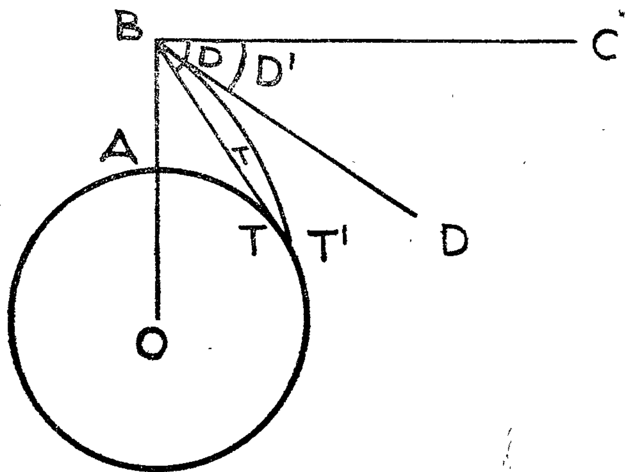
93. ஒளிக் கோட்டத்தால் வானப்பொருளின் தோற்ற நேரத்தில் ஏற்படும் முடுக்கத்தைக் காணல் (To find the accleration in the time of rising of a celestial body due to refraction)

r'' வானப்பொருளின் கிடை ஒளிக் கோட்டத் தொகையாகட்டும். வானப் பொருள் r'' அளவு தொடுவானத்திற்குக் கீழ் வரும்போது ஒளிக் கோட்டத்தால் அடிவானத்திற்கு உயர்த்தப் படும். ஆதலால் விரைவில் தோன்றும்.

$$\text{வானத் தோற்றத்தின் முடுக்கம்} = \frac{r''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$$

இங்கு ϕ இடத்தின் அகலாங்காகும். δ வானப்பொருளின் நடுவரை விலக்கமாகும். இதுபோலவே, மறைவு நேரம் இதே அளவில் பின்னடையும்.

94. ஒளிக் கோட்டத்தால் தொடுவானத் தாழ்விலும் கட்புலனாகும் தொடுவான தூரத்திலும் ஏற்படும் விளைவுகள் (Effect of refraction on *d*ip and distance of visible horizon)



படம் 79.

தொடுவானத்திற்கு அருகில் உள்ள வானப்பொருட்களுக்கு ஒளிக் கோட்டத் தொகை அதிகம். ஒளிக் கோட்டத்தால் ஒளிக் கதிரின் பாதை ஒரு வளைகோடாகிறது. B பார்வையாளரின் இருப்பிடம். AB ஒரு கோபுரம். B இலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்

வளைந்து, புவியின் புறப்பரப்பை T'-ல் வந்தடையும். BT' கட்புலனாகும் தொடுவானத்தின் தூரம். BT புவிக் கோளத்திற்குப் போடப்பட்ட தொடுகோடு. ஒளிக்கோட்டம் இல்லாவிடில், BT தான் கட்புலனாகும் தொடுவானத்தின் தூரம்.

∴ கட்புலனாகும் தொடுவானத்தின் தூரம் ஒளிக் கோட்டத்தால் அதிகரிக்கும்.

BC இயல்பான அடிவானத்தின் திசை. BD ஒளிக்கதிரின் வளைவுப் பாதைக்குப் போடப்பட்டு தொடுகோடு.

$\widehat{CBT}$ = தொடுவானத் தாழ்வு.

$\widehat{CBD}$ = ஒளிக் கோட்டத்தால் தொடுவானத் தாழ்வின் புதிய மதிப்பு.

இதனால் தொடுவானத் தாழ்வு குறைகிறது எனத் தெளிவுறக் காணலாம்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஒரு விண்மீனின் கோண ஏற்றம் கணக்கிடப்பட்டு அது $\frac{5}{13}$ மதிப்புடைய கோணத்தின் சைன் எனக் காணப்பட்டது. $45°$ கோண ஏற்றத்தில் ஒளிக் கோட்டத்தொகை $58''\cdot2$ ஆனால் விண்மீனின் உண்மையான நிலையைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

கோண ஏற்றம் $= 45°$

∴ உச்சித்தூரம் $= 45°$

$$k \tan Z = 58''\cdot2$$

$$k \tan 45° = 58''\cdot2$$

$$k = 58''\cdot2$$

விண்மீனின் கோண ஏற்றம் α என்றால் $\sin \alpha = \frac{5}{13}$

ஒளிக் கோட்டத் தொகை $= r$

$$= k \tan Z$$

$$= k \tan (90° - \alpha)$$

$$= k \cot \alpha$$

$$= 58''\cdot 2 \times \frac{12}{5}\left[\because \sin \alpha = \frac{5}{13}, \cot \alpha = \frac{12}{5}\right]$$

$$= 139''\cdot 68$$

$$= 2'\ 19''\cdot 68$$

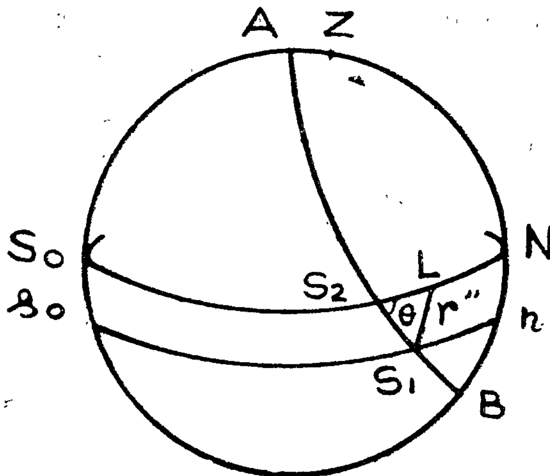
உண்மையான கோண ஏற்றம் $= \alpha - r$

$$= \sin^{-1}\frac{5}{13} - 2'\ 19''\cdot 68$$

2. r'' கிடை ஒளிக் கோட்டத் தொகையானால், ϕ அகலாங்குள்ள இடத்தில், δ ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கமாக இருக்கும்பொழுது அடிவானத்தின் மேல் ஞாயிறு தோன்றும் புள்ளி

$$\frac{r'' \sin \phi}{\sqrt{\sec(\phi - \delta)\sec(\phi + \delta)}}$$

அளவானல் நகரும் எனக் காட்டுக. (செ. ப.)



படம் 80.

படம் 80-ல் AB ஞாயிற்றின் தினசரிப் பாதை. S_1 தொடுவானத்திற்குக் கீழ் r'' ஆக இருக்கும்போது ஞாயிற்றின் நிலை. ஒளிக் கோட்டத்தால் ஞாயிறு அவ்விடத்தில் தோன்றும். தொடுவானத்திற்கு $S_1 L$ என்ற குத்துக் கோடு வரைவோம். ஞாயிறு

L என்ற புள்ளியில் தோன்றும். S_2 ஞாயிறு உண்மையாகத் தோன்றும் புள்ளியிடத்தில் பெயர்ச்சி $= S_2 L$

$$S_1 \hat{S_2} L = \theta \text{ என்க.} \quad \therefore \quad S_2 L = r'' \cot \theta.$$

$P S_2 N$ என்ற கோள முக்கோணத்தில்

$$\frac{\sin \phi}{\sin (90^\circ - \theta)} = \frac{\sin (90^\circ - \delta)}{\sin 90^\circ}$$

$$\frac{\sin \phi}{\cos \theta} = \cos \delta$$

$$\cos \theta = \frac{\sin \phi}{\cos \delta}$$

$$\cot \theta = \frac{\sin \delta}{\cos \theta} \div \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\cos^2 \delta}}$$

$$= \frac{\sin \phi}{\sqrt{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}}$$

$$= \frac{\sin \phi}{\sqrt{\cos (\delta + \phi) \cdot \cos (\delta - \phi)}}$$

$$\therefore \quad S_1 L = r'' \cot \theta$$

$$= \frac{r'' \sin \phi}{\sqrt{\cos (\delta + \phi) \cos (\delta - \phi)}}$$

$$= r'' \sin \phi \sqrt{\sec (\phi + \delta) \sec (\delta - \phi)}$$

3. k ஒளிக் கோட்டக் கெழுவானல், வானப் பொருள் ஒன்றின் உச்சித் தூரத்தின் சைன் அதன் உண்மையான மதிப்பில் $(1 - k)$ மடங்கு குறையும் எனக் காண்க. (செ. ப.)

Z, தோற்ற உச்சித் தூரமெனவும், Z' உண்மை உச்சித் தூர மெனவும் கொள்க,

$$Z' - Z = k \tan Z$$

$$Z' = Z + k \tan Z$$

$$\sin Z' - \sin (Z + k \tan Z)$$

$$= \sin Z \cos (k \tan Z) + \cos Z \sin (k \tan Z)$$

$$= \sin Z + \cos Z .\ k \tan Z$$
$$= \sin Z + k \sin Z.$$
$$= \sin Z\ (1 + k)$$

$$\therefore \quad \sin Z = \frac{\sin Z'}{1 + k}$$
$$= \sin Z'\ (1 + k)^{-1}$$
$$= \sin Z'\ (1 - k)$$

பயிற்சி 8

1. வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம் என்றால் என்ன? ஒளிக் கோட்ட டான்சண்ட் வாய்பாட்டை நிறுவுக. (செ. ப.)

2. ஒளிக் கோட்ட டான்சண்ட் வாய்பாடு ஏன் குறைந்த கோண ஏற்றமுள்ள வானப்பொருட்களுக்கு உதவாது? குறைந்த கோண ஏற்றமுள்ள வானப்பொருட்களின் ஒளிக்கோட்டத் தொகையைக் காணக் கையாளும் முறையை விளக்குக. (செ. ப.)

3. டான்சண்ட் வாய்பாட்டிலுள்ள ஒளிக் கோட்டக் கெழுவை விளக்குக. (செ. ப.)

4. காசினியின் மேற்கோள்களை விளக்கி அவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ஒளிக்கோட்ட வாய்பாட்டை $r = A \tan Z + B \tan^3 Z$ என்ற அமைப்பில் பெறுக. (செ. ப.)

5. ஒளிக்கோட்ட காசினி வாய்பாட்டிலுள்ள மாறிலிகள் A, B ஆகியவற்றைக் காணும் முறையை விளக்குக.

6. தொடுவானத்தின் மேல் ஞாயிறோ, முழுமதியோ இருக்கும்பொழுது அதன் வடிவம் நீள்வட்ட வடிவத்தைப் பெறுகிறது என்பதைத் தகுந்த காரணங்களோடு விளக்குக. (செ. ப.)

7. கீழ்வருவனவற்றில் தக்க காரணங்களோடு ஒளிக் கோட்டத்தால் ஏற்படும் விளைவுகளை விளக்குக.

(i) ஒரு வானப் பொருளின் தோற்ற இருப்பிடம்.

(ii) ஞாயிற்றின் தோற்ற, மறைவு நேரங்கள்.

(iii) முழுமதி தோன்றும்பொழுது அதன் வடிவம்.

(iv) ஒரு விண்மீனின் திசைவில் அது உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரம். (செ. ப.)

8. செப்டெம்பர் 23-ம் தேதி $45°$ வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில் தொடுவானத்திற்கு மேல் ஞாயிறு நிலவும் காலம் $\frac{20\sqrt{2}}{3}$ நிமிடங்கள் ஒளிக் கோட்டத்தால் அதிகமாகுமென நிரூபி. (செ. ப.)

9. r'' ஐ கிடை ஒளிக் கோட்டத் தொகையாகக் கொண்டு, ϕ அகலாங்குள்ள இடத்தில், δ நடுவரை விலக்கமுள்ள விண்மீனின் தோற்ற நேரம் $\frac{r}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ வினாடிகள் முடுக்கமடையும் என நிரூபி. (செ. ப.)

10. சம பகல் இரவு நாளன்று புவி நடுவரையில் ஒளிக் கோட்டத்தால் ஞாயிறு தொடு வானத்திற்கு மேல் 45 நிமிடங்கள் அதிகமாக இருக்குமென நிரூபி.

11. (α, δ) வானக் கூறுகள் பெற்ற விண்மீனின் நேரக் கோணம் 'h' ஆனால், தொடு வானத்தின் கீழ் அதன் ஆரம் θ எனக் கொண்டு,

$$\cos^2\frac{h}{2} = \sec\phi\sec\delta\cos\left[45° + \frac{1}{2}(\theta - \phi - \delta)\right]\sin\left[45° - \frac{1}{2}(\theta + \phi + \delta)\right]$$

என நிரூபி. (செ. ப.)

12. ஞாயிற்றின் கிடை ஒளிக் கோட்டத் தொகை $34'$. ஞாயிற்றின் அரை விட்டம் $16'$. அதன் மைய நடுவரை விலக்கம் δ. ஞாயிற்றின் மேல் விளிம்பின் தோற்றத்திற்கும் அதன் மறு விளிம்பின் தோற்றத்திற்குமிடையேயுள்ள காலம்

$$\left(\frac{20}{3}\right)^m [\sec(\phi + \delta)\sec(\phi - \delta)]^{\frac{1}{2}} - \frac{24}{11}\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) \text{ மணிகள்}$$

எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

13. யாதாமொரு நேரத்தில் விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் ஒளிக் கோட்டத்தால் மாற்றம் அடையாவிடில், அந்த விண்மீன் நேர் உச்சிப் புள்ளிக்கும் வட துருவத்துக்குமிடையே உச்சி வட்டத்தைக் கடக்குமென்றும், அந்த நேரத்தில் அதன் திசை வில் தன் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும் என்றும் காட்டுக.

14 30° வ. அகலாங்குள்ள இடத்தில், 45° நடுவரை விலக்க முடைய விண்மீனின் திசைவில் மீப்பெரு மதிப்பை பெறுகையில் ஒளிக் கோட்டத்தால் அதன் உச்சித் தூரம் k அளவில் மாறுமெனக் காண்பி.

6. புவிமையத் தோற்றப் பிழை

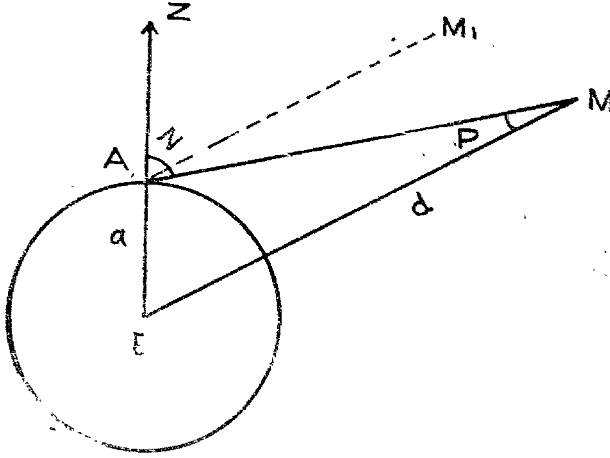
(Geocentric parallax)

95. புவியின் மேற்பரப்பில் நாமுள்ளோம். நாம் எந்த ஒரு வான்பொருளையும் பார்க்கையில் அப்பொருளை நாம் பார்க்கும் திசைக்கும், நாம் புவியின் மையத்திலிருந்து (புவியின் மையத்தில் நாம் இருப்பதாகக் கொண்டு) பார்க்கும் திசைக்கும் உள்ள வேறுபாடு 'புவிமையத் தோற்றப் பிழை' என அழைக்கப்படுகிறது. இதை வழக்கமாக 'p' என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்கிறோம். புவியின்மேல் பல்வேறு இடங்கள் உள்ளன. அவ்விடங்களிலிருந்து வான்பொருள்களைப் பார்க்கையில், அவைகளின் ஆயத்தொலைகள் வெவ்வேறாக இருக்கின்றன. அவைகளை ஒழுங்குபடுத்த வேண்டிய நிலை ஏற்படுகிறது. ஆகையால் புவிமையத்தைத் திட்டப் புள்ளியாகக் கொண்டு, வான்பொருள்களின் ஆயத்தொலைகள் ஒழுங்கு படுத்தப்படுகின்றன.

புவிமையத் தோற்றப் பிழை அண்மையிலுள்ள வான்பொருள்களைத்தான் பாதிக்கும். ஏனெனில் விண்மீன்களைப் போன்ற பல கோடி மைல்களுக்கு அப்பாலுள்ள வான்பொருள்களைப் பார்க்கையில், புவி மேற்பரப்பிலிருந்து பார்க்கும் திசையும், புவி மையத்திலிருந்து பார்க்கும் திசையும் ஒன்றுபடுகிறது. சூரியன், திங்கள் அண்மையிலுள்ளவையாதலால், அவைகளின் புவிமையத் தோற்றப் பிழைகள் கணக்கிடப்படுகின்றன.

95·1 புவிமையத் தோற்றப் பிழை

படத்தில் E, புவியின் மையம். A, புவி மீதுள்ள ஓரிடம். M, திங்களின் மையம். பார்வையாளர் ஒருவர் E-ல் இருப்பதாகக் கொண்டு, அவர் M ஐப் பார்த்தால், EM என்ற பார்வை திசையை உண்மைத் திசை (true direction) என்கிறோம். புவியின்மேல் A என்ற இடத்திலிருந்து திங்களின் மையத்தைப் பார்த்தால், AM என்ற திசையைத் திங்களின் தோற்றத் திசை (apparent



படம் 81.

direction of M) என்கிறேம். $E\hat{M}A$ இவ்விரு திசைகளுக்கிடைப் பட்ட கோணம். $E\hat{M}A$ ஐத் திங்களை A-லிருந்து பார்க்கும்பொழுது புவிமையத் தோற்றப் பிழை (geocentric parallax as seen form A) என்கிறேம். அதாவது ஒரு வானப்பொருளின் புவிமையத் தோற்றப் பிழை, புவியின் ஆரம், அந்த வானப்பொருளின் மையத்தில் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்குச் சமம் எனலாம். புவியின் மேல் பல்வேறு இடங்களினின்று பார்வையிடுகையில், வெவ்வேறு மதிப்புள்ள தோற்றப் பிழைகள் ஏற்படும். இவற்றை, புவி மையத் திலுள்ள கற்பனைப் பார்வையாளரைக் கொண்டு வகைப்படுத்த வேண்டும்.

96. படத்தில் AM_1, EM-க்கு இணையாகப் போடப்பட்ட கோடு.

$$Z\hat{A}M_1 = Z\hat{E}M$$

$= E$-லிருந்து பார்க்கும் பொழுது M-ன் உச்சித் தூரம்.

$Z\hat{A}M = A$-லிருந்து பார்க்கும் பொழுது M-ன் உச்சித் தூரம்

படத்திலிருந்து,

$$Z\hat{A}M_1 = Z\hat{A}M - M\hat{A}M_1$$
$$= Z - p.$$

∴ உண்மையான உச்சித் தூரம் = தோற்ற உச்சித் தூரம் − புவிமையத் தோற்றப் பிழை.

எனவே. புவிமையத் தோற்றப் பிழையால், வானப் பொருள் தாழ்த்தப்பட்டு அதன் உச்சித் தூரம் பிழை அளவில், அதாவது 'p' அளவில் அதிகரிக்கிறது.

தோற்ற உச்சித் தூரம் Z ஆனால், உண்மையான உச்சித் தூரம் $= Z - p$. தோற்றக் கோண ஏற்றம் α ஆனால் உண்மையான கோண ஏற்றம் $= \alpha + p$ ஆகும்.

97. புவிமையத் தோற்றப் பிழையைக் கணக்கிட உதவும் வாய்பாடு (Formula for finding geocentric parallax of a celestial body)

படம் 81-ல் EAM என்ற முக்கோணத்தில்

$$\frac{EA}{\sin E\hat{M}A} = \frac{EM}{\sin E\hat{A}M}$$

$$\frac{a}{\sin p} = \frac{d}{\sin(180^\circ - Z)}$$

$$\sin p = \frac{a}{d}\sin Z.$$

இங்கு a புவியின் ஆரம், d திங்களின் மையத்திற்கும் புவியின் மையத்திற்கும் இடையேயுள்ள தூரம்.

p மிகச் சிறிய கோணம். ஆரையன் அளவில் $\sin p \rightarrow p$.

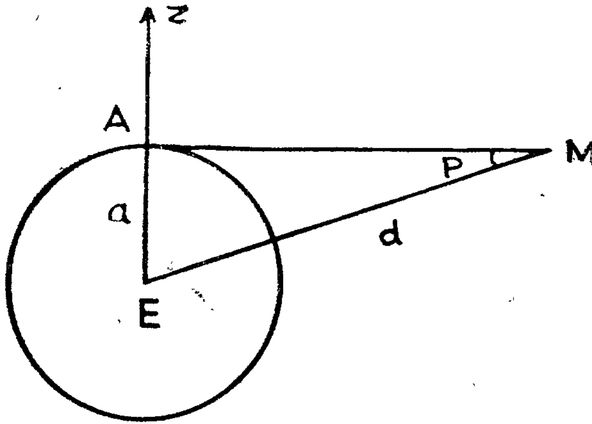
$$\therefore \quad p^c = \frac{a}{d}\sin Z$$

$$p = \frac{a}{d}\;\frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \times \sin Z \text{ விகலைகள்.}$$

98. தொடுவானத் தோற்றப் பிழை (Horizontal parallax)

புவியின் ஆரம் 3960 மைல்கள். திங்களின் தூரம் 2,38,900 மைல்கள். திங்கள் புவிக்கு மிக அண்மையிலுள்ள வானப் பொருள். $\frac{a}{d}$ -ன் மதிப்பு $\frac{1}{60}$ -க்குத் தோராயமாகச் சமமாகிறது. மற்ற வானப் பொருட்களுக்கு $\frac{a}{d}$ இதைவிட மிகச் சிறிய மதிப்பைத்தான் பெறும்.

படத்தில் (படம் 82) திங்களின் மையம் M, தொடுவானத்தின் மேல் அமைகிறது. அப்பொழுது $Z = 90^\circ$ ஆகும். அந்த நிலையில் p-ன் மதிப்பைத் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை P என்று குறிக்கிறோம்.



படம் 82.

$$p = \frac{a}{d} \sin Z \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$Z = 90^\circ$ ஆகில், $\sin Z = \sin 90^\circ = 1$.

$$\therefore \; P = \frac{a}{d}.$$

$\frac{a}{d}$ -ன் மதிப்பை (1)-ல் ஈடு செய்ய $p = P \sin Z \quad \dots \quad (2)$

குறிப்பு : 1. $P = \frac{a}{d}$ என்று கண்டோம். P தெரிந்தால், வானப்பொருளின் தூரத்தைப் புவியின் ஆரத்தின் வாயிலாகக் காண முடியும். ஆகவே ஒரு வானப்பொருளின் மையத் தோற்றப் பிழை அதன் தூரத்தைப் பொறுத்தது என்பதைக் காணலாம். திங்களின் தூரம் பூமியிலிருந்து நாள்தோறும் மாறுவதால், P-ன் மதிப்பு நாளும் மாறுதல் அடையும். தினசரி P-ன் மதிப்பு, ஆண்டின் ஒவ்வொரு நாளுக்கும் நாவிகப் பஞ்சாங்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

2. திங்களின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை $57''\cdot3$. ஞாயிற்றின் தொடுவானத் தோற்றப்பிழை $8''\cdot79$.

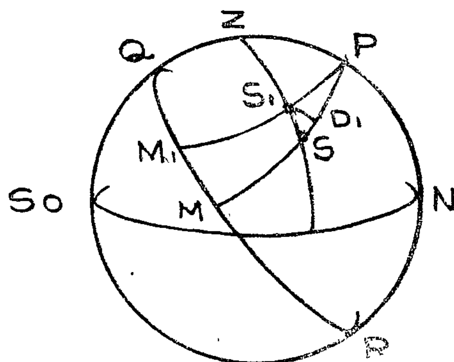
3. மற்ற விண்மீன்கள் மிகத் தொலைவில் அமைந்துள்ளன. a ஐப் பொருத்த அளவில் 'd' மிகப் பெரியதாகும். ஆகவே $\frac{a}{d}$ மிகச் சிறியதாகும். ஆதலால், விண்மீன்களுக்குக் கணிக்கும் வகையில் புவிமையத் தோற்றப் பிழை கிடையாது. புவியின் ஆரம் அவற்றில் ஏற்படுத்தும் கோணம் மிகச் சிறியதாகும். அதனை அளப்பதே மிகக் கடினம். எனவே, புவி மையத்திலிருந்தும், புவியின் புறப்பரப்பிலுள்ள இடத்திலிருந்தும் பார்க்கப்படும் விண்மீனின் திசைகள் இணையாக இருக்கும்.

99. புவிமையத் தோற்றப் பிழையின் விளைவுகள் (Effects of geocentric parallax)

வானப்பொருள் தொடுவானத்தில் தோன்றும்பொழுது தொடுவானத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக, தொடுவானத்திற்குக் கீழ் தாழ்த்தப்படுகிறது. அதனால் தோன்றும் நேரம் காலமதமாகிறது. அதேபோல, மறையும்பொழுது தொடுவானத்திற்குக் கீழ் தாழ்த்தப்படுகிறது. அதனால் மறையும் நேரம் முடுக்கப்படுகிறது.

வானப்பொருளின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை p'' எனக் கொண்டால் தோற்றத்தின் பின்னடைவும் மறைவின் முடுக்கமும் $\frac{P''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ என்ற அளவில் இருக்கும். இங்கு ϕ ஐ இடத்தின் அகலாங்காகவும், δ ஐ வானப்பொருளின் நடுவரை விலக்கமாகவும் கொள்ளவேண்டும்.

100. புவிமையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக வானப் பொருளின் வல ஏற்றத்திலும் நடுவரை விலக்கத்திலும் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Changes in R. A. and declination of a celestial body due to geocentric parallax)



படம் 83.

படம் 83-ல், S_1 வானப்பொருளின் நிலை. அதன் கூறுகள் (α, δ) ஆக இருக்கட்டும். S என்பது புவிமையத் தோற்றப் பிழையால் S_1-ன் புதிய நிலை. QR வான நடுவரை. PSM, PS_1M_1 விண்மீனின் நிலைகளின் வழியாகச் செல்லும் வான நடுவரைக்கு வரையப்பட்ட துணைக்குத்து வட்டங்கள். S_1D_1, PSM-க்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு. $S_1\hat{S}D_1 = \eta$. $S_1S = P \sin Z$.

P விண்மீனின் அடிப்பாதை தோற்றப் பிழை, Z விண்மீனின் தோற்ற உச்சித் தூரம். வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

$$= rM - rM_1 = MM_1$$

$$\begin{aligned} S_1D_1 &= MM_1 \sin PS, \\ &= MM_1 \sin (90^\circ - \delta) \\ &= MM_1 \cos \delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MM_1 &= S_1D_1 \sec \delta \,. \\ &= SS_1 \sin \eta \sec \delta \\ &= P \sin Z \sin \eta \sec \delta. \end{aligned}$$

∴ வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

$$= P \sin Z \sin \eta \sec \delta \quad \ldots \quad (1)$$

நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் $= SD_1$

$$= SS_1 \cos \eta$$

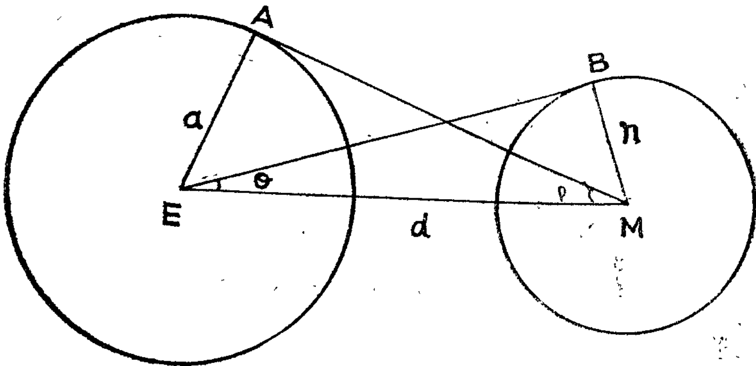
$$= P \sin Z \cos \eta \quad \ldots \quad (2)$$

குறிப்பு : நேரக் கோணத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதலுக்குச் சமம்.

∴ நேரக் கோணத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

$$= p \sin Z \sin \eta \sec \delta.$$

101. தொடுவானத் தோற்றப் பிழைக்கும் வானப் பொருளின் கோண விட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பு (Relation between horiontal parallax of a celestial body and the angular diameter)



படம் 84.

படம் 84-ல் M திங்களின் மையம். E புவியின் மையம். A, புவியின் மேலுள்ள ஓரிடம். M, A-ன் தொடுவானத்தின் மேலுள்ளது. $AME = P =$ திங்களின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை.

EB, திங்களின் விட்டத் தகட்டிற்குப் போடப்பட்ட தொடு கோடு. BEM திங்களின் கோண ஆரம் (θ), $EM = d$.

$$\sin P = \frac{a}{d}$$

$$\sin \theta = \frac{r}{d} \quad (r, \text{ திங்களின் ஆரம்})$$

$$\frac{\sin \theta}{\sin P} = \frac{r}{a}$$

θ-ம், P-ம் மிகச்சிறிய கோணங்களாதலால்,

$$\frac{\theta}{P} = \frac{r}{a}$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{Pr}{a} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$r = \frac{a\theta}{P} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

102. புவிமையத் தோற்றப் பிழையையும் ஒளிக் கோட்டத்தையும் ஒப்பிடுதல் (Comparison between parallax and refraction)

(i) ஒளிக்கோட்டம் காரணமாகவும், புவிமையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாகவும், ஏற்படும் நிலை மாறுதல்கள் கற்பனையே. அவை இரண்டும் வானப்பொருளின் தோற்ற உச்சித் தூரத்தைப் பொறுத்துக் கணக்கிடப்படுகின்றன.

(ii) ஒளிக்கோட்டம் $k \tan Z$ அளவிலும், புவிமையத் தோற்றப் பிழை $P \sin Z$ அளவிலும் நிலைப் பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்துகின்றன.

(iii) ஒளிக் கோட்டத்தால் வானப்பொருளின் உச்சித் தூரம் குறைகிறது. புவிமையத் தோற்றப் பிழையால் வானப்பொருளின் உச்சித் தூரம் அதிகமாகிறது.

(iv) ஒளிக்கோட்டம், தோற்ற நேரத்தை முன்னடையச் செய்து, மறைவு நேரத்தைப் பின்னடையச் செய்து வானப்பொருள் தொடுவானத்திற்குமேல் அதிகநேரம் இருக்கும்படி செய்கிறது. புவிமையத் தோற்றப்பிழை வானப்பொருளின் தோற்ற நேரத்தைப் பின்னடையச் செய்து மறைவு நேரத்தை முடுக்கிவிட்டு, வானப் பொருள் தொடுவானத்திற்கு மேல் நிலவும் காலத்தைக் குறைக்கிறது.

(v) ஒளிக்கோட்டத்தால் ஏற்படும் நிலைமாற்றம் வானப் பொருளின் தூரத்தைப் பொறுத்ததல்ல. ஆனால் புவிமையத்

தோற்றப் பிழையினுல் ஏற்படும் நிலைமாற்றம் வானப் பொரு ளுடைய தூரத்தைப் பொறுத்ததேயாகும்.

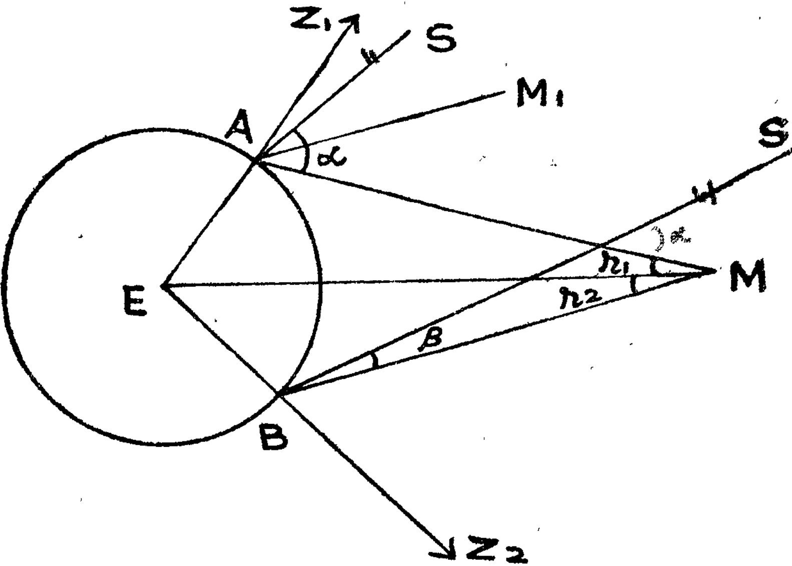
(vi) ஒளிக் கோட்டத்தால் எல்லா வானப் பொருள்களும் பாதிக்கப்படும். ஆனுல் புவிமையத் தோற்றப்பிழையால் அருகா மையில் உள்ள வானப் பொருள்கள் மட்டுமே பாதிக்கப்படும். ஞாயிறு, திங்கள், பிற கோள்கள் மட்டுமே பாதிக்கப்படுமேயன்றி, விண்மீன்கள் பாதிக்கப்படமாட்டா.

(vii) திங்களின் கிடை ஒளிக்கோட்டத் தொகை 34′ ஆனுல், தொடுவானத் தோற்றப்பிழை 57′·3. ஆதலால் திங்களைப் பொருத்தமட்டில் புவிமையத் தோற்றப்பிழை ஒளிக் கோட்டத்தை விட அதிக அளவில் பாதிக்கிறது.

(viii) ஒளிக்கோட்டம் தட்பவெப்ப நிலைகளைப் பொருத்தது. ஆனுல் புவிமையத் தோற்றப் பிழை இவற்றைப் பொறுத்ததல்ல.

(ix) ஒளிக் கோட்டமும் புவிமையத் தோற்றப் பிழையும் திசை வில்லையும் உச்சிக் கடத்தல் நேரத்தையும் பாதிப்பதில்லை.

108. உச்சிக் கடத்தல் அளவுகளைக் கொண்டு திங்களின் தொடு வானத் தோற்றப் பிழையைக் கணக்கிடல் (Calculation of moon's parallax by meridian observations)



படம் 85.

படத்தில் (படம் 85) E புவிமையம். A, B புவியின் மேலுள்ள இரண்டு இடங்கள். அவை ஒரே உச்சி வட்டத்தில் அமைகின்றன. A வட அகலாங்கு உடையது. B தென் அகலாங்குடையது. S ஒரு விண்மீன். அதன் வல ஏற்றம் தோராயமாகத் திங்களின் வல ஏற்றத்திற்குச் சமம். அன்று திங்களின் நடுவரை விலக்கம் விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்திற்குச் சிறிதே மாறுபட்டது. A, B-லுள்ள இரண்டு பார்வையாளர்க்கும் ஒரே இடத்தில் திங்களும் விண்மீனும் உச்சியைக் கடக்கும்.

A-லிருந்தும், B-லிருந்தும் விண்மீனின் திசைகள் இணையாகவே இருக்கும், திங்களின் மையத்தின் கோண தூரம் விண்மீனிலிருந்து கணக்கிடப்படும்.

$$\hat{SAM} = \alpha, \ \hat{SBM} = \beta$$

AM_1, BM-க்கு இணையாக வரையப்படும்.

$$SAM_1 = SBM,$$

$$\hat{MAM_1} = \alpha - \beta = \hat{AMB}$$

மேலும் $\hat{AME} = p_1 = P \sin Z_1$

$$BME = p_2 = P \sin Z_2$$

(P திங்களின் அடிவானத் தோற்றப் பிழை)

$$\alpha - \beta = p_1 + p_2 = P(\sin Z_1 + \sin Z_2)$$

$$\therefore \quad P = \frac{\alpha - \beta}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

திங்களின் அடிவானத் தோற்றப்பிழை $57''\cdot 2$ எனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

குறிப்பு 1 : ஒரு கோளின் அடிவானத் தோற்றப்]பிழையை இதே முறையில் கண்டுபிடிக்கலாம்.

குறிப்பு 2 : ஆனால் ஞாயிற்றின் அடிவானத் தோற்றப் பிழையை இம் முறையில் கண்டுபிடிக்க இயலாது. ஏனெனில், பகலில் விண்மீனைக் காண முடியாது.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

(1) ஞாயிற்றின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை 8″·79 ; கோண விட்டம் 32′. புவியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தொலைவைக் கண்டுபிடி. ஞாயிற்றின் விட்டத்தையும் கண்டுபிடி. புவியின் ஆரத்தை 3960 மைல்கள் எனக் கொள்ளவும்.

$$P^c = \frac{a}{d}$$

இங்கு $P = 8''\cdot79$; $a = 3960$ மைல்கள் ; $d = ?$

$$\frac{8\cdot79}{60 \times 60} \times \frac{\pi}{180} = \frac{a}{d}$$

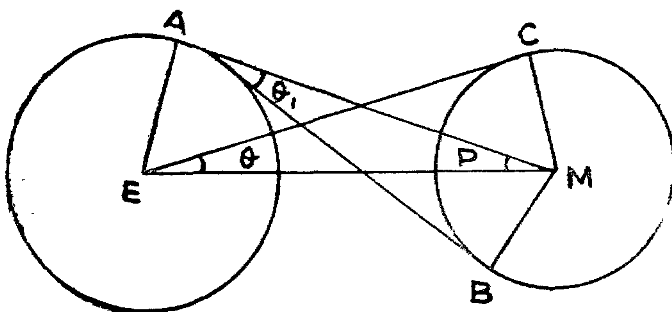
$$d = \frac{3960 \times 60 \times 60 \times 180 \times 7}{8\cdot79 \times 22}$$

மேலும் $r = \frac{a\theta}{P}$

இங்கு $a = 3960$ மைல்கள்; $\theta = 16°$; $P = 8''\cdot79$; $r = ?$

$$r = \frac{3960 \times 16 \times 60}{8\cdot79}$$

2. தொடுவானத் தோற்றப் பிழை (P)-ன் காரணமாக திங்களின் கோண ஆரம் 1 : cos P என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும் எனக் காட்டுக. (செ. ப.)



படம் 86.

படம் 86-ல் θ, θ_1 என்ற கோணங்கள் முறையே திங்களின் தூரம், புவி மையத்திலும், புவி மேலுள்ள A என்ற இடத்திலும்

உண்டாக்கும் கோணங்களாக இருக்கட்டும். M திங்களின் மையம்.

$$\sin\theta = \frac{CM}{EM}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{BM}{AM}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta} = \frac{EM}{AM} \quad [\because\ BM = CM = \text{திங்களின் ஆரம்}]$$

$$= \sec P = \frac{1}{\cos P}$$

θ-ம், θ_1-ம் மிகச் சிறியனவாகையால்

$$\frac{\theta_1}{\theta} = \frac{1}{\cos P}$$

i. e. $\theta_1 : \theta = 1 : \cos P$.

பயிற்சி 9

1. புவி மையத் தோற்றப் பிழை என்ருல் என்ன ?

வானப் பொருளின் நிலையை அது எங்ஙனம் பாதிக்குமென விளக்குக. (செ. ப)

2. புவி மையத் தோற்றப் பிழை (p)

= தொடு வானத் தோற்றப் பிழை (P)

× தோற்ற உச்சி நேரத்தின் சைன் ($\sin Z$)

(அ - து) $p = P \sin Z$ என்பதை நிறுவுக.

3. புவிமையத் தோற்றப் பிழை கீழ்வருவனவற்றை எவ்வாறு பாதிக்கும் எனக் கூறுக.

(i) திசையில்

(ii) உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரம்

(iii) தோற்ற மறைவு நேரங்கள்

(iv) தொடு வானத்தின்மேல் வானப் பொருள் நிலவும் காலம்.

4. திங்களின் தோற்ற நேரத்தில் ஒளிக் கோட்டத்தாலும் புவி மையத் தோற்றப் பிழையினாலும் ஏற்படும் கூட்டு விளைவு என்ன ? (செ. ப.)

5. புவியிலிருந்து திங்களின் தூரம், புவியின் ஆரத்தின் 60 மடங்காகில் திங்களின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழையைக், கண்டுபிடி. (செ. ப.)

6. திங்களின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை 57′. அதன் கோண விட்டம் 32′. அதன் ஆரத்தையும் புவியிலிருந்து அதன் தூரத்தையும் கணக்கிடுக. (புவியின் ஆரம் = 4000 மைல்கள் எனக் கொள்க.) (செ. ப.)

7. ஒளி விலகல், புவிமையத் தோற்றப் பிழை இவைகளின் விளைவுகளை ஒப்பிடுக. (செ. ப.)

8. புவிமையத் தோற்றப் பிழை, திங்களின் தோற்ற அரை விட்டத்தை $\sin Z$; $\sin (Z - p)$ எனும் விகிதத்தில் மிகையாக்கும் எனக் காட்டுக. (இங்கு Z, திங்களின் மையத்தில் தோற்ற உச்சித் தூரம், p, புவியின் மையத்தைப் பார்வையாளருக்குச் சேர்க்கும் ஆரம் திங்களின் மையத்தில் உண்டாக்கும் கோணம்.)

9. ஒரு வானப் பொருளின் தொடுவானத் தோற்றப் பிழை P'' என்று கொண்டு, அதன் நடுவரை விலக்கம் δ என்று கொண்டால் புவி மையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக அதன் தோற்ற நேரம் $\frac{P''}{15\sqrt{\cos^2\phi - \sin^2\delta}}$ பின்னடையும் எனக் காண்க. (செ. ப.)

10. திங்களின் தோற்ற உச்சித் தூரம் Z' ஆகக் கொண்டு p ஐ அந்த நிலையில் புவி மையத் தோற்றப் பிழையாகக் கொண்டு, புவி மையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக அதன் தூரம் $\sin Z'$; $\sin (Z' - \sin p)$ என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும் எனக் காண்க. (செ. ப.)

7. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை

(Heliocentric parallax)

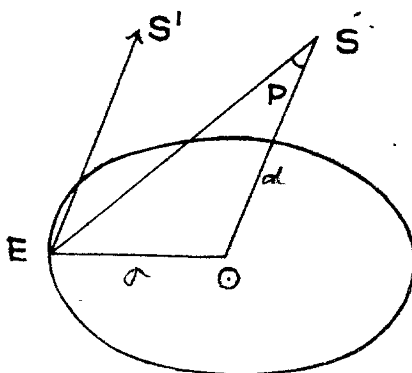
நாம் வாழும் புவி ஒரு நிலைத்த விண் பொருள் அல்ல. ஏனென்றால் புவி ஞாயிற்றைக் குவியமாகக் கொண்ட நீள் வட்டப் பாதையில் ஓராண்டுக் கால வட்டத்தில் சுற்றி வருகிறது. விண் மீன்களோ நிலைத்த விண் பொருள்களாகும். புவியிலிருந்து விண் மீனைப் பார்க்கும் பொழுது, விண்மீனின் ஆயத் தொலைகள் வெவ் வேறாக இருக்கும். விண்மீனின் ஆயத்தொலைகளைச் சீர்படுத்த வேண்டிய நெருக்கடி ஏற்படுகிறது. புவி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வரும் பாதையை ஒரு வட்டமெனக் கொள்வோம். ஞாயிற்றின் மையத்தை ஒரு நிலைத்த புள்ளியாகக் கொண்டு அங்கிருந்து விண் மீனை நோக்க ஏற்படும் ஆயத்தொலைகள் திட்டமான ஆயத் தொலைகள் எனக் கொள்வோம். புவி மேலிருந்து நாம் காணும் விண்மீனின் ஆயத்தொலைகளைப் பிழை திருத்தங்கள் செய்து, ஞாயிற்று மையத்திலிருந்து பெறப்படும் திட்டமான ஆயத்தொலை களுக்குச் சீராக்கலாம். இப் பிழை திருத்தங்கள் புவி ஞாயிற்றைக் குவியமாகக் கொண்ட நீள் வட்டப்பாதையில் இயங்குவதால் ஏற்பட்டவை என்பது தெளிவு. இப் பிழையை ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை எனக் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

104. புவியிலிருந்து விண்மீனின் தூரம் புவியின் ஆரத்தோடு ஒப்பிடும்பொழுது மிகப் பெரியது ஆகையால், விண்மீனுக்குப் புவி மையத் தோற்றப்பிழை மிகச் சிறியதாகும். குறிப்பாக, விண் மீனுக்குப் புவிமையத் தோற்றப் பிழை இல்லையென்று சொல்லலாம். புவியிலிருந்து ஞாயிறு வெகு தூரத்திலுள்ளது. புவி, ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகிறது. புவியொழுக்கில் ஆரம் விண்மீனில் கோணத்தை ஏற்படுத்த முடியும். ஆகையால் ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கக்கூடிய திசையைத் 'திட்ட திசை' அல்லது 'உண்மையான திசை' (standard direction or true direction) என[illegible] புவியி லிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கும் திசையைத் தோ

rant direction) என்றும் குறிப்பிடுவோம். இவ்விரு திசைகளுக்கு மிடையே உள்ள கோணத்தை "விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை" என்று சொல்கிறோம். மாற்று முறையில் வரை யறுக்க, புவி, ஞாயிற்றைச் சுற்றுகையில் அதன் ஒழுக்கின் ஆரம் விண்மீனில் ஏற்படுத்தும் கோணத்தைத்தான் "ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை" என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கும் திசையை (helio-centric direction) ஞாயிற்று மையத் தோற்றத் திசை என்றும், புவியிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கும் திசையை (geocentric direction) புவிமையத் தோற்றத் திசை என்றும் அழைக்கின்றோம். இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணத்தை ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை (Heliocentric parallax) எனச் சொல் கிறோம்.

105. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையைக் காண வாய்பாடு (Formula for heliocentric parallax)



படம் 87.

படம் 87-ல் $\odot$ ஞாயிறு ; E புவி ; S விண்மீன்.

$\odot S$ விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றத் திசை. ES விண்மீனின் புவிமையத் தோற்றத் திசை. $E\hat{S}\odot$ ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பிழை.

$\triangle SE\odot$ ஐ எடுத்துக்கொள்வோம்.

$$\frac{E\bigcirc}{\sin p} = \frac{\bigcirc S}{\sin S\hat{E}\bigcirc}$$

$$\frac{E\bigcirc}{\bigcirc S} = \frac{\sin p}{\sin SE\bigcirc}$$

$$\therefore \quad \sin p = \frac{E\bigcirc}{\bigcirc S} \sin S\hat{E}\bigcirc$$

புவியொழுக்கின் ஆரம் $= E\odot = a$ என்க.

ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனின் தூரம் $= \odot S = d$ என்க.

$$\therefore \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin S\hat{E}\odot$$

$SE\odot = E$ என்க.

$$\therefore \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin E.$$

p மிகச் சிறிய கோணம். ஆரையன் அளவில் $\sin p \rightarrow p$.

$$\therefore \quad p = \frac{a}{d} \sin E \text{ (ஆரையன் அளவில்)}$$

106. ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை (Annual parallax)

$$p = \frac{a}{d} \sin E$$

இங்கு a-ம், d-ம், மாறிலிகள். ஆனால் கோணம் E மாறும். p-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பு, E செங்கோண மதிப்பைப் பெறும்பொழுது கிடைக்கும் புவியின் ஒழுக்கில் ஆரம் விண்மீனில் ஏற்படுத்தும் கோணங்களில் இது மீப்பெரு மதிப்பாகும். இந்த மதிப்பை விண்மீனின் ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை (annual parallax) என்று சொல்கிறோம். இதை π என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்கிறோம்.

ஆகவே, $p = \frac{a}{d} \sin E$

$$\pi = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d}$$

$$\therefore \quad \pi = \frac{a}{d}$$

ஞாயிற்றின் மையத் தோற்றப் பிழை $p = \pi \sin E$ எனக் குறிப்பிடலாம்.

ஆகவே, ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு, ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனின் தூரத்தை, புவியொழுக்கின் ஆரத்தின் வாயிலாகக் குறிக்க உதவுகிறது. விண்மீனின் தூரங்களை அளக்க புவியொழுக்கின் ஆரம் ஓர் அலகாக அமைகிறது.

107. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் விளைவுகள் (Effects of heliocentric parallax)

ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாக விண்மீனின் நிலை, ஞாயிற்றையும் விண்மீனையும் சேர்க்கும் பெருவிட்டத்தில் ஞாயிற்றின் திசையில் ஞாயிற்று மையத் தோற்ற அளவுக்கு நகர்கிறது.

108. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப்பிழை காரணமாக விண்மீனின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு ஆகியவைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Changes in the longitude and latitude of a star due to parallax)

படம் 88.

படத்தில் ☉ ஞாயிறு. S ஒரு விண்மீனின் உண்மையான நிலை. (அதாவது ஞாயிற்றிலிருந்து பார்க்கும்பொழுது உள்ள நிலை) CL, ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை. γ மேட முதற்புள்ளி. k, ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவம். S☉ஐ ஒரு பெருவட்டத்தில்

சேர்க்கவும். ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையால் S, S' என்ற நிலைக்கு வரும். $SS' = \pi \sin S\bigcirc$ ஆகும். S' என்பது விண்மீனின் தோற்றநிலை. (புவியிலிருந்து பார்க்கும் நிலை) $S'L$, S'-லிருந்து ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு இணையாக வரையப் படட்டும். அது KSM என்ற செங்குத்துக் கோட்டை L என்ற புள்ளியில் சந்திக்கட்டும்.

விண்மீனின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு (λ, β) ஆக இருக்கட்டும்.

$$\gamma M = \lambda \,; \; SM = \beta \,;$$

$$\lambda \odot = \odot \text{ (ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு)}$$

$$M\odot = \gamma\odot - \gamma M = \odot - \lambda$$

$SN = 90^\circ$ ஆகும் வரையில் SM ஆனது N-க்கு நீட்டப் படட்டும்.

$$MN = 90 - \beta.$$

$SS'L$ என்ற முக்கோணத்தின் பக்கங்கள் மிகச் சிறியவை. அதைத் தள முக்கோணமென்றே கருதலாம்.

$\hat{LSS'} = \theta$ ஆக இருக்கட்டும்.

$$SL = SS' \cos\theta = \pi \sin S\odot \cos\theta \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$MN\bigcirc$ என்ற முக்கோணத்தில்

$$\cos N\bigcirc = \cos MN \cos M\odot + \sin MN \sin M\bigcirc \sin \hat{NM}\bigcirc$$

$\hat{NM}\bigcirc = 90^\circ$ ஆகையால்,

$$\begin{aligned} \cos N\bigcirc &= \cos MN \cos M\bigcirc \\ &= \cos(90^\circ - \beta)\cos(\bigcirc - \lambda) \\ &= \sin\beta \cos(\bigcirc - \lambda) \quad \dots \quad \dots \quad (2) \end{aligned}$$

மேலும், $NS\bigcirc$ என்ற முக்கோணத்தில்,

$$\begin{aligned} \cos N\bigcirc &= \cos SN \cos S\bigcirc + \sin SN \sin S\bigcirc \cos\theta \\ &= \sin S\bigcirc \cos\theta \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3) \end{aligned}$$

(1), (2), (3) ஐப் பயன்படுத்தி,

$$SL = \pi \sin \beta \cos (\odot - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

மேலும், $LS' = SS' \sin \theta = \pi \sin S\odot \sin \theta \quad \ldots \quad (5)$

$\odot SM$ என்ற முக்கோணத்தில்

$$\frac{\sin S\odot}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin M\odot}{\sin \theta}$$

$$\sin \odot S \sin \theta = \sin \odot M$$

$$\sin \odot S \sin \theta = \sin (\odot - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

$$\therefore \quad S'L = \pi \sin (\odot - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

விண்மீனின் நெட்டாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல் $= MM'$.
(M' என்ற புள்ளி $KS'M'$ என்ற நிலைக்குத்து வட்டத்தின் அடி)

விண்மீனின் நெட்டாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= MM'$$

$$= S'L \sec \beta$$

$$= \pi \sin (\odot - \lambda) \sec \beta \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

விண்மீனின் அகலாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்,

$$= SL$$

$$= \pi \sin \beta \cos (\odot - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

109. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண்மீனின் நிலை மாற்றமடைகிறது. ஓராண்டுக் காலத்தில் விண்மீனின் மாற்றமடைந்த நிலைகள் விண்மீனின் உண்மைநிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தில் அமையும்.

படம் 88-ல் S விண்மீனின் உண்மையான நிலை. அதன் வானக் கூறுகள், அதாவது நெட்டாங்கு, அகலாங்கு (λ, β) ஆகும். S' என்ற நிலை ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையால் S-ன் மாறுபட்ட நிலையாகும். S'-ன் நியமப் பாதை நீள் வட்டமென்றும், அந் நீள் வட்டம் S ஐ மையமாகக் கொண்டது எனவும் காட்ட வேண்டும். S வழியாக, ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு இணையாக SX என்ற கோட்டை வரைவோம். SX ஐ x அச்சாகக் கொண்டு SM ஐ y அச்சாகக் கொண்டு S'-ன் கூறுகளைக் குறிப்பிட்டால்,

$$x = LS' = \pi \sin(\bigcirc - \lambda)$$
$$y = SL = \pi \sin\beta \cos(\bigcirc - \lambda)$$

விண்மீனின் நெட்டாங்கு ஆண்டு முழுவதும் மாறுவதால் S-'ன் நியமப் பாதை,

$$\frac{x^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2\beta} = 1 \text{ ஆகிறது.}$$

இந்தச் சமன்பாடு நீள் வட்டத்தைக் குறிக்கிறது. ஆகவே நியமப் பாதை ஒரு நீள் வட்டமாகிறது. இதன் மையம் S ஆகும். ஆகவே, ஓராண்டுக் காலத்தில் ஞாயிற்றின் மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக ஒரு விண்மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தின்மேல் அமையும். அந்த நீள் வட்டத்தை ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை நீள் வட்டம் (parallatic ellipse) எனச் சொல்கிறோம்.

குறிப்புகள் : 1. நியமப் பாதையின் சமன்பாடு

$$\frac{x^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2\beta} = 1$$

இந்த நீள் வட்டத்தின் நெட்டச்சு 2π ஆகும். குற்றச்சு $2\pi \sin\beta$ ஆகும்.

2. விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவத்தில் அமைந்தால் அதன் அகலாங்கு $90°$ ஆகும். $\beta = 90°$ ஐ நீள் வட்டச் சமன்பாட்டில் ஈடு செய்ய,

$$\frac{x^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2} = 1, \quad \text{i.e. } x^2 + y^2 = \pi^2$$

நீள் வட்டம், விண்மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக்கொண்ட வட்டமாக மாறும்.

3. விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்மேல் அமைந்தால், $\beta = 0$

அதாவது நீள் வட்டத்தின் சமன்பாட்டைத் திருத்தி அமைக்க,
$x^2 \sin^2\beta + y^2 = \pi^2 \sin^2\beta$

$\beta = 0$ என்று ஈடு செய்ய,

$y^2 = 0$

$y = 0$

∴ நீள் வட்டம், நேர் கோடாக மாறுகிறது. அதாவது x அச்சாக மாறுகிறது. ஆகையால் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் மேலமைந்த விண்மீன், அதன் உண்மையான நிலையை மையமாகக் கொண்டு, இரு புறமும் x அச்சின்மேல் π தூரத்திற்கு ஊசலாடும்.

110. பார்சைக்கு (Parsec)

ஒரு விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு ஒரு விகலை ஆனால், அந்த விண்மீனின் தூரத்தை ஒரு பார்சைக்கு (parsec) எனக் குறிப்பிடலாம்.

விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு

$$= \frac{a}{d} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \text{ விகலைகள்}$$

இங்கு 'd' விண்மீனுக்கும், ஞாயிற்றுக்குமிடையேயுள்ள தூரம். 'a' புவியொழுக்கின் ஆரம்.

$$\frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 = 206265 \text{ (தோராயமாக)}$$

ஆகவே,

ஒரு பார்சைக்கு = விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு ஒரு விகலையாகையில் ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனின் தூரம்.

$$\therefore \quad 1 = \frac{a}{d} \times 206265$$

$$d = 206265 \, . \, a$$

ஆனால் $a = 93 \times 10^6$ மைல்கள்

$$\therefore \quad d = 206265 \times 93 \times 10^6 \text{ மைல்கள்}$$

$$= 19{\cdot}18 \times 10^{12} \text{ மைல்கள் தோராயமாக}$$

∴ ஒரு பார்சைக்கு $= 19{\cdot}18 \times 10^{12}$ மைல்கள்

111. ஒளியாண்டு (Light year)

ஒளிக் கதிர் ஓராண்டுக் காலத்தில் செல்லக் கூடிய தூரத்தை ஓர் ஒளி ஆண்டு என்கிறோம்.

ஒளியின் வேகம் = 1,86,000 மைல்கள் (விநாடிக்கு)

$= 1{,}86{,}000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365\frac{1}{4}$ மைல்கள்

$= 5 \cdot 89 \times 10^{12}$ மைல்கள் (தோராயமாக)

112. ஒரு பார்சைக்கு = 3·26 ஒளி ஆண்டுகள்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பிழையை 9″ ஆகக் கொண்டு புவியின் ஆரத்தை 4000 மைல்கள் எனக்கொண்டு, 0″·5 தோற்றப் பிழையையுடைய விண்மீனின் தூரத்தைக் காண்க.

ஞாயிற்றின் தோற்றப் பிழை $p = \frac{a}{d}$

$$\frac{9}{206265} = \frac{4000}{d}$$

$$d = \frac{4000 \times 206265}{9}$$

புவியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரம் $= \frac{4000 \times 206265}{9}$

விண்மீனின் தோற்றப் பிழை $\pi = \frac{a}{d}$.

இங்கு 'a' புவிக்கும் ஞாயிற்றுக்குமிடையே உள்ள தூரம். ஞாயிற்றுக்கும் விண்மீனுக்குமிடையே உள்ள தூரம்

$$\frac{0 \cdot 5}{206265} = \frac{\frac{4000 \times 206265}{9}}{d}$$

$$d = \frac{4000}{9}(206265)^2$$

$$= \frac{8000}{9}(206265)^2$$

$$= 373248 \times 10^8 \text{ மைல்கள்.}$$

2. வல ஏற்றத்தில் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையே இல்லாத விண்மீன்கள் எந்த நேரத்திலும் குறிப்பிட்ட ஒரு நடு வரைக் குத்து வட்டத்தின் மேலமையும் எனக் காட்டு.

படம் 89.

S என்பது யாதாமொரு நேரத்தில் விண்மீனின் நிலையாக இருக்கட்டும். ○ ஞாயிறு. S_1 என்பது ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக S-ன் மாறிய நிலை. PSM, $PS_1 M_1$ விண்மீன் அதன் மாறிய நிலைகள் வழியாகச் செல்லும் குத்து வட்டம். $PS_1 M_1$ ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்குப் போடப்பட்ட குத்து வட்டம்.

வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= MM_1$

வல ஏற்றம் மாருவிடில் M_1, M-ன் மேல் பொருந்தும். S_1, S வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தில் அமையும், அப்பொழுது SS_1○ ஒரு நடுவரைக்குத்து வட்டமாகும். ஆகை யால் ஞாயிறு வழியாகச் செல்லும். நடுவரைக் குத்து வட்டத்தின் மேல் S அமையும். ஆகவே, எந்த நேரத்திலும் ஞாயிறு வழியாகச் செல்லும் நடுவரைக் குத்து வட்டத்தில் அமையும் விண்மீன் களுக்கு வல ஏற்றத்தில் ஞாயிறு மையத் தோற்றப் பிழை கிடையாது.

பயிற்சி 10

1. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையென்றால் என்ன? வாய்பாடு $p = \frac{a}{d} \sin E$ என்பதை நிரூபணம் செய்க. (செ. ப.)

2. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு எப்பொழுது ஏற்படும்? வான ஆராய்ச்சியில் இது எவ்வாறு பயன் படுகிறது?

3. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண் மீன்களின் நிலை எவ்வாறு மாறுகிறது எனக் கூறுக.

4. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண் மீனின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல் களைக் கணிக்கவும். (செ. ப.)

5. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண் மீனின் புதிய நிலை ஓராண்டுக் காலத்தில், விண்மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தின்மேல் அமையும் எனக் காட்டு. (செ. ப.)

6. விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் அமையும் பொழுது ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண் மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட வட்டப் பாதை யில் விண்மீனின் புதிய நிலை இருக்குமெனக் காட்டுக.

7. விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் அமையும் பொழுது ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண் மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்டு அதன் புதிய நிலை ஒரு நேர்கோட்டில் ஊசலாடும் எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

8. 'பார்சைக்கு', 'ஒளி ஆண்டு' என்பவைகளைப் பற்றிக் குறிப்புகள் வரைக. அவை இரண்டுக்குமிடையே உள்ள தொடர் பைக் குறிக்கவும். (செ. ப.)

9. ஒரு விண்மீனின் தூரம் 767×10^{14} மைல்கள். அதன் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை $0''{\cdot}025$ எனக் காட்டுக.

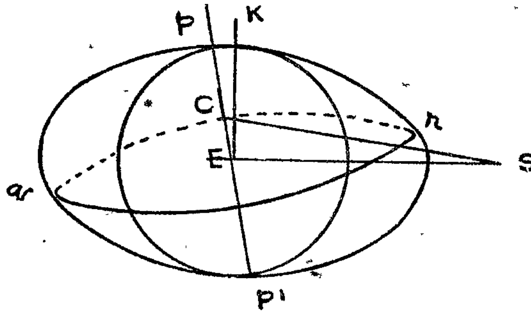
10. 10 பார்சக்குகள் தூரத்திலுள்ள விண்மீனின் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையென்ன? அங்கிருந்து புறப்படும் ஒளிக் கதிர் புவியை அடைய எவ்வளவு காலமாகும்?

11. α செண்டவுரி என்ற விண்மீனின் ஞாயிற்றுமையத் தோற்றப் பிழை $0''\cdot75$. அது புவியிலிருந்து 92 மிலியன் மைல்கள் தொலைவிலுள்ளது. ஒளியின் வேகம் வினாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் எனக் கொண்டு, விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் புவியை அடைய 4 ஆண்டுகளுக்கு அதிகமான காலம் எடுத்துக் கொள்ளும் எனக் காட்டுக.

12. S' என்ற விண்மீனின் தூரம் S என்ற விண்மீனின் தூரத்தில் 4 பங்குகள். S-ன் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை $0''\cdot0005$ ஆனால், S'-ன் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

9. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியும் அச்சலைவும்

(Precession of the equinoxes and nutation)



படம் 92.

புவிக்கோளமானது சீரான உருண்டை அல்ல. சிற்றச்சு கோள உருக்கொண்டது; அதன் துருவங்களின் விட்டம் (pp') அதன் நடுவரை விட்டத்தை விடக் குறைவு; ஆகையால் துருவங்களில் சிறியதாகவும், நடுவரையில் பெரியதுமாக உள்ளது எனக் கூறுகிறோம்.

ஞாயிறு புவியைத் தன் ஈர்ப்பாற்றலால் இழுக்கிறது. இந்த இழுப்பை 3 கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம் (i) pp'ஐ விட்டமாகக் கொண்ட சீரான கோணம் (ii) prp' என்ற பெருத்துள்ள பகுதி (படம் 92ஐப் பார்க்கவும்) (iii) $(pqp'$ என்ற மற்றொரு பெருத்துள்ள பகுதி. சீரான கோளத்தின் மேல் செலுத்தப்படும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் புவியின் மையம் (E) வழியாகச் செல்லும் விசையாகும். ஆனால் prp', pqp' என்ற பெருத்துள்ள பகுதிகளில் ஈர்ப்பாற்றல் மாறுபடும். prp'-ல் அதிகமாகவும், pqp'-ல் குறைவாகவும் இருக்கும். இந்த மூன்று ஈர்ப்பாற்றல்களையும் ஒருங்கே செலுத்தும் ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு விசை, புவியின் மையம் வழியாகச் செல்லாமல் புவி அச்சில் E-க்கு மேலோ, அல்லது கீழோ உள்ள ஒரு புள்ளி O வழியாகச்

படம் 90-ல் S ஒரு விண்மீன். E என்பது புவியின் பாதையில் புவியின் ஏதோவொரு நிலையாக இருக்கட்டும். விண்மீனிலிருந்து ஒளிக்கதிர் ஒன்று 'V' என்ற வேகத்துடன் புவியை நோக்கிப் புறப்படட்டும். SE ஐச் சேர்த்து EG-க்கு நீட்டப் படட்டும். EG ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு முறைப்படி ஒளிவேகம் V ஐக் குறிக்கட்டும். E-ல் புவியொழுக்கிற்கு ஒரு தொடுகோடு EA வரையவும். இதன்மேல் EF என்ற நீளத்தை, புவியின் வேகத்தை (v) அளவு முறைப்படி குறிக்கும் வகையில் எடுத்துக் கொள்வோம்.

FGH என்ற இணைகரத்தை வரைவோம். EG ஒரு மூலை விட்டம். இந்த நீளத்தால் குறிக்கப்பட்ட V ஐ, EF, EH, ஆல் குறிக்கப்படும் இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒளி வேகத்திற்கும் புவிவேகத்திற்கும் இடையேயுள்ள சார்பு வேகம் (relative velocity) அளவிலும், திசையிலும் EH ஆல் குறிக்கப்படும். HE என்ற கோட்டை நீட்டுக. இந்தக் கோட்டின்மேல்தான் S-ன் மாறிய நிலை S' அமைகிறது. புவியின் மேலுள்ள பார்வையாளருக்கு ஒளிக் கதிர் $S'E$ என்ற திசையில் வருவதாகத் தோன்றும். ES என்ற திசைக்கும், ES' என்ற திசைக்குமிடையே உள்ள கோணத்தை, அதாவது கோணம் SES'ஐப் பிறழ்ச்சி (aberration) எனக் குறிப் பிடுகிறோம்.

114. புவி வழிக் கோணம் (Earth's way of a star)

படத்தில் SE விண்மீனின் உண்மையான திசை. EA புவி. புவி வழியின் முனையை நோக்கிச் செல்லும் திசைக்கோணம் SAE, இவ்விரண்டு திசைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணம். இந்தக் கோணத்தை விண்மீனின் புவிவழிக் கோணம் (earth's way of a star) என்று அழைக்கின்றோம்.

115. பிறழ்ச்சியைக் காண வாய்பாடு (Formula for Aberration)

படத்தில் (படம் 90) GHE என்ற முக்கோணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$\frac{\sin \widehat{GEH}}{\sin \widehat{GHE}} = \frac{v}{V}.$$

புவியின் வேகம் விநாடிக்கு 18·5 மைல். ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள். ஆகவே $\frac{v}{V}$ மிகச் சிறிய

தாகும். விண்மீன் திசையில் ஏற்படும் மாற்றம் $= S'\hat{E}S$. இக் கோணத்தை θ எனக் கொள்வோம்.

$\left(\frac{v}{V}\right)$ விகிதத்தை K எனக் குறிப்பிடுவோம்.

$$\sin\theta = K\sin G\hat{H}E$$

$$= K\sin S'\hat{E}F.$$

θ மிகச் சிறிய கோணமாகையால் ஆரையன் அளவில் $\sin\theta \rightarrow \theta$.

$$\therefore \quad \theta = K\sin S'\hat{E}F$$

கோணம் $S'EF$-ம், கோணம் SEF-ம் நெருங்கிய மதிப்புகளை உடையனவாகும்.

$$\therefore \quad \theta = K\sin S\hat{E}F$$

$$= K\sin S\hat{E}A$$

$$= K\sin\ (\text{புவி வழிக் கோணம்}).$$

K ஐ, பிறழ்ச்சிக் கெழு (constant of aberration) எனக் குறிப்பிடுவோம். இது எல்லா விண்மீன்களுக்கும் ஒரே மதிப்புடையது. ஆரையன் அளவில் இதன் மதிப்பு $\frac{v}{V}$ ஆகும். இதன் தோராய மதிப்பு $20''\cdot47$.

116. பிறழ்ச்சியின் விளைவுகள் (Effects of aberration)

பிறழ்ச்சியின் காரணமாக வானப் பொருளின் நிலை, புவி வழி முனையையும், விண்மீனையும் சேர்க்கும் பெரு வட்டத்தின் மேல் புவி வழி முனைத் திசையில் பிறழ்ச்சி அளவுக்கு நிலை மாற்றத்தை அடையும்.

117. விண்மீனின் நெட்டாங்கு அகலாங்கு மதிப்புகளில் பிறழ்ச்சி காரணமாக ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Changes in longitude and latitude of a star due to aberration)

படம் 91.

படம் 91-ல் S, விண்மீனின் உண்மையான நிலை. CL ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை ; K ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவம். ☉ ஞாயிறு. ϒ மேட முதற்புள்ளி ; A புவி வழி முனை. KSM ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்குப் போடப்பட்ட நிலைக் குத்துக் கோடு. பிறழ்ச்சியின் காரணமாக SA பெரு வட்டத்தில் SA திசையில் SS' என்ற பிறழ்ச்சி அளவுக்கு S என்ற விண்மீனின் நிலை மாறுகிறது என்பது S-ன் தோற்ற நிலையாகும்.

A என்ற புவி வழி முனை எப்பொழுதும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் அமையும். புவியொழுக்கிற்கு புவியிருக்கும் இடத்தில் தொடுகோடு வரையப்பட்டு அதன் திசை வானக் கோளத்தைச் சந்திக்கும் புள்ளியே A என்ற புள்ளி. ஆகவே படத்தில் EA-ம் E☉-ம் செங்குத்துக் கோடுகளாகும். $\odot \hat{E} A = 90°$ ஆகையால் A என்ற புள்ளி, ☉ என்ற ஞாயிற்றுக்குப் பின்னால் $90°$ தொலைவில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் அமையும். ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு ☉ என்றால் A-ன் நெட்டாங்கு $(\odot - 90°)$ ஆகும்.

படத்தில் $\Upsilon M = \lambda$; $SM = \beta$ (விண்மீனின் வானக் கூறுகள் λ நெட்டாங்கு ; β அகலாங்கு ; $\Upsilon \odot = \odot$; $A \odot = 90°$.

$\therefore \quad \gamma A = \odot - 90$

$$AM = \gamma M - \gamma A = \lambda\ (\bigcirc - 90^\circ) = 90^\circ - (\bigcirc - \lambda)$$

SM என்ற நிலைக்குத்துக் கோடு, N-க்கு நீட்டப்பட்டு இருக்கிறது. $SN = 90^\circ$, $\quad \therefore \ MN = 90^\circ - \beta$

$L\hat{S}S' = \theta$ ஆக இருக்கட்டும்.

$$SS' = K \sin SA \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$SL = SS' \cos\theta = K \sin SA \cos\theta \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

முக்கோணம் SAN-ல்,

$$\cos AN = \cos SA \cdot \cos MN + \sin AM \cdot \sin MN \cos 90^\circ$$
$$= \cos MA \cdot \cos MN.$$

$$= \cos[90^\circ - (\bigcirc - \lambda)] \cdot \cos(90^\circ - \beta)$$
$$= \sin(\odot - \lambda) \sin\beta \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

(2), (3), (4) ஐ ஒப்பிடுகையில்

$$SL = K \sin(\bigcirc - \lambda) \sin\beta \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

படத்தில் $S'L = SS' \sin\theta$

$$= K \sin SA \sin\theta \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

முக்கோணம் SMA-ல்

$$\frac{\sin AM}{\sin\theta} = \frac{\sin SA}{\sin 90^\circ}$$

$$\frac{\sin[90^\circ - (\bigcirc - \lambda)]}{\sin\theta} = \frac{\sin SA}{1}$$

$$\therefore \quad \sin SA \cdot \sin\theta = \cos(\bigcirc - \lambda) \quad \ldots \quad (7)$$

$$\therefore \quad S'L = K \cos(\bigcirc - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

ஆகவே, விண்மீனின் நெட்டாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்

$= MM'$ (M' படத்தில் குறிக்கப்படவில்லை. $KS'M'$ என்ற நிலைக்குத்துக் கோட்டின் அடி)

$= S'L \sec\beta$.

$$= K \cos(\odot - \lambda) \sec\beta \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

விண்மீனின் அகலாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= SL$$
$$= K \sin \beta \sin (\odot - \lambda) \quad \ldots \quad \ldots \quad (10)$$

118. பிறழ்ச்சி காரணமாக விண்மீனின் நிலை மாற்றமடைகிறது. ஓராண்டுக் காலத்தில் விண்மீனின் மாற்றமடைந்த நிலைகள் விண்மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தில் அமையும்.

படத்தில், S வழியாக ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு இணையாக SX என்ற நேர்கோட்டை வரைவோம். SX ஐ x அச்சாகக் கொண்டு SM ஐ y அச்சாகக் கொண்டு S'-ன் வானக் கூறுகளைக் குறிப்பிட்டால்,

$$x = k \cos (\odot - \lambda)$$
$$y = k \sin (\odot - \lambda) \sin \beta.$$

விண்மீனின் நெட்டாங்கு ஆண்டு முழுவதும் மாறுவதால், S'-ன் நியமப் பாதை $\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2 \sin^2 \beta} = 1$ ஆகிறது.

இந்த நியமப் பாதையின் சமன்பாடு, நீள் வட்டத்தைக் குறிக்கிறது. இதன் மையம் S ஆகும். ஆகவே, ஓராண்டுக் காலத்தில் பிறழ்ச்சியின் காரணமாக ஒரு விண்மீனின் மாற்றமடைந்த நிலைகள், விண்மீனின் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தின்மேல் அமையும். இந்த நீள் வட்டத்தை விண்மீனின் ''பிறழ்ச்சி நீள் வட்டம்'' (ellipse of aberration of the star) என்று சொல்வோம்.

119. விண்மீன் சில சிறப்பிடங்களில் அமையும்பொழுது அதன் மாற்றமடைந்த நிலையின் நியமப்பாதை

(i) விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவத்தில் அமையும்பொழுது $\beta = 90^\circ$ ஆகிறது. அதன் நியமப் பாதை

$$\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2 \sin^2 90^\circ} = 1$$

(அ - து) $\frac{x^2}{k^2} + \frac{y^2}{k^2} = 1$

i.e. $x^2 + y^2 = k^2$

இந்த நியமப் பாதை வட்டத்தைக் குறிக்கிறது. ஆகவே விண்மீனின் மாற்றமடைந்த நிலைகள் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட, k ஆரமுள்ள வட்டத்தின் மேல் அமையும்.

(ii) விண்மீன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் மேல் அமையும் போது $\beta = 0$ ஆகிறது.

$\beta = 0$ என்று ஈடுசெய்யும்போது, $y^2 = 0, y = 0$ ஆகிறது. இது ஒரு நேர்கோட்டின் சமன்பாடு. இது x அச்சின் சமன்பாடு. ஆகவே விண்மீனின் மாற்றமடைந்த நிலைகள். உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்டு, இரு பக்கங்களிலும் விண்மீன் வழியாகச் செல்லும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு இணையாகப் போடப் பட்ட கோட்டின் மேல் பிறழ்ச்சி அளவுக்கு ஊசலாடும்.

120. பிறழ்ச்சியையும் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையையும் ஒப்பிடுதல் (Comparison between aberration and heliocentric parallax)

(i) பிறழ்ச்சியும் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையும் எல்லா வானப் பொருள்களையும் பாதிக்கும்.

(ii) பிறழ்ச்சியின் காரணமாக, வானப்பொருள் புவிவழி முனைத் திசை நோக்கிப் பெயர்ச்சி அடையும். ஞாயிற்றின் மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக ஞாயிற்றின் திசையில் பெயர்ச்சி அடையும்.

(iii) பிறழ்ச்சி புவி வழி முனையிலிருந்து விண்மீன் தூரத்தின் சைனைப் பொறுத்து மாறும். ஞாயிறு மையத் தோற்றப் பிழை விண்மீனிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரத்தின் சைனைப் பொறுத்து மாறும்.

(iv) பிறழ்ச்சி விண்மீனின் தூரத்தைப் பொறுத்ததல்ல. ஆனால் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீனின் தூரத்தைப் பொறுத்தது.

(v) பிறழ்ச்சியின் காரணமாகவும் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாகவும் விண்மீனின் மாறுபட்ட நிலைகள், தம் உண்மை நிலையை மையமாகக் கொண்ட நீள் வட்டத்தில் அமையும். இவ்விரண்டு நீள் வட்டங்களும் ஒரே மையமுடையவை. அவைகளின் நெட்டச்சு, குற்றச்சு நீளங்கள் மட்டுமே மாறும். ஆகையால் நீள் வட்டங்களை 'பொதுமையமுள்ள வடிவொத்ததும், ஒரே மாதிரி அமையப் பெற்றதுமான நீள் வட்டங்கள்' எனச் சொல்கிறோம். (concentric, similar & similarly situated).

(vi) பிறழ்ச்சிக் கெழுவின் மதிப்பு 20″·47. ஆனல், ஞாயிற்றின் மையத் தோற்றப் பிழையின் கெழு விண்மீனின் தூரத்தின் சைனைப் பொறுத்தது.

121. பிறழ்ச்சியின் வகைகள் (Different types of aberration)

(i) **தினசரிப் பிறழ்ச்சி** (Diurnal aberration)

புவி தன்னைத்தானே தன் அச்சைக் கொண்டு சுழல்கிறது. இதனுல் பார்வையாளருக்குத் தம் வேகத்தில் 'பிறழ்ச்சி' ஏற்படும். இதனை, ''தினசரிப் பிறழ்ச்சி'' (diurnal aberration) எனக் குறிக்கிறோம்.

(ii) **கோள் திசைப் பிறழ்ச்சி** (Planetary aberration)

புவியும் மற்ற கோள்களும் ஒரே நேரத்தில் வானவெளியில் இயங்கிக் கொண்டுள்ளன. ஒரு கோளிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக் கதிர் புவியை அடைவதற்குள் அதன் நிலை மாறுகிறது. புவியிலுள்ள பார்வையாளருக்கு வேறு திசையிலிருந்து வருவதாகக் கொண்டு இந்தத் திசை மாற்றத்தைக் 'கோள் திசைப் பிறழ்ச்சி' (planetary aberration) எனச் சொல்கிறோம்.

(iii) **பிறழ்ச்சி அல்லது ஆண்டு இயக்கப் பிறழ்ச்சி** (Aberration or Annual aberration)

ஞாயிற்றைச் சுற்றி புவியின் ஆண்டு இயக்கம் பார்வையாளரின் வேகத்தை வான வெளியில் மாற்றமடையச் செய்யும். இதனுல் ஒளிக்கதிரின் திசை மாற்றம் ஏற்படும். இதைத்தான் 'பிறழ்ச்சி' அல்லது ஆண்டு இயக்கப் பிறழ்ச்சி (annual aberration) என்று அழைக்கின்றோம்.

எடுத்துக்காட்டான வினக்கள்

1. ஒளிக்கதிர் ஞாயிற்றிலிருந்து புவிக்கு வந்து சேர $8\frac{1}{2}$ நிமிடங்கள் எடுத்துக் கொள்ளுமானல், ஒரு விண்மீனின் பிறழ்ச்சியின் மீப்பெரு மதிப்பு 20″·9 எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

புவியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரம் $= 8\frac{1}{2}$ ஒளி நிமிடங்கள்

$$= \frac{17}{2} \times 60 \times \theta \quad (\theta,\ \text{ஒளிவேகம் விநாடிக்கு})$$

$$\text{புவியின் வேகம்} = \frac{\dfrac{2\pi \times \frac{17}{2} \times 60 \times \theta}{365 \cdot 25 \times 24 \times 60 \times 60}}{\theta}$$

$$= \frac{2\pi \times \frac{17}{2}}{365 \cdot 25 \times 24 \times 60}$$

$$= \frac{17\pi}{365 \cdot 25 \times 24 \times 60} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60.$$

$$= \frac{102}{487} = 20'' \cdot 9.$$

2. ஒரு விண்மீனின் நெட்டாங்கின் பிறழ்ச்சி, அகலாங்கின் பிறழ்ச்சிக்குச் சமமானுல், $\sin 2\beta = 2 \cot (\bigcirc - \lambda)$ எனக் காட்டுக. இங்கு λ, β விண்மீனின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கை முறையே குறிக்கும். $\bigcirc$ஞாயிற்றின் நெட்டாங்காகும். (செ. ப.)

விண்மீனின் நெட்டாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்,

$$= k \sec \beta \cos (\bigcirc - \lambda).$$

விண்மீனின் அகலாங்கில் ஏற்படும் மாறுதல்,

$$= k \sin \beta \sin (\bigcirc - \lambda)$$

$$\therefore \quad k \sin \beta \sin (\bigcirc - \lambda) = k \sec \beta \cos (\bigcirc - \lambda)$$

$$\sin \beta \cos \beta = \frac{\cos (\bigcirc - \lambda)}{\sin (\bigcirc - \lambda)} = \cot (\bigcirc - \lambda)$$

$$2 \sin \beta \cos \beta = 2 \cot (\bigcirc - \lambda)$$

$$\sin 2\beta = 2 \cot (\bigcirc - \lambda).$$

பயிற்சி 11

1. பிறழ்ச்சி என்ருல் என்ன ? விண்மீனின் பிறழ்ச்சி விளைவு நீள்வட்டமென நிரூபி. (செ. ப.)

2. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையின் காரணமாகவும், பிறழ்ச்சி காரணமாகவும் வீண்மீனின் மாறுபட்ட நிலைகள் வடிவொத்தும் ஒரே மாதிரியாக அமைப்புப் பெற்றவையுமான நீள் வட்டங்களின் மேல் அமையுமெனக் காட்டுக. மேலும் அவற்றின் அச்சுகள் $1 : 2\,\pi d$ என்ற விகிதத்தில் அமையுமெனக் காட்டுக. இங்கு 'd' ஒளியாண்டுகள் விண்மீனின் தூரம் எனக் கொள்க. (செ. ப.)



3. விண்மீனின் தோற்ற இடத்தில் பிறழ்ச்சி காரணமாக ஏற்படும் மாறுதல்களை (i) அதன் அகலாங்கு 0' ஆக இருக்கும் பொழுதும் (ii) அதன் அகலாங்கு 90' இருக்கும்பொழுதும் கணக்கிடுக. (செ. ப.)

4. ஒளிக் கோட்டத்தாலும் ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையாலும் பிறழ்ச்சியாலும் ஒரே நேரத்தில் பாதிக்கப்படாமல் ஒரு விண்மீன் இருக்க முடியுமா என ஆராய்க. (செ. ப.)

5. பிறழ்ச்சியால் பாதிக்கப்படாத விண்மீனின் இருப்பிடங்களைக் காண்க. அதேபோல, அகலாங்கில் மாத்திரம் மாறுதல் உடைய விண்மீனின் இருப்பிடத்தையும் காண்க.

6. ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழையும், பிறழ்ச்சியும் விண்மீனின் இருப்பிடத்தை எவ்வாறு பாதிக்கும் என விளக்குக.

7. பிறழ்ச்சி, புவி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருவதை எவ்வாறு நிரூபிக்கிறது எனக் காட்டுக.

8. பிறழ்ச்சியின் மூன்று வகைகள் யாவை? அவை எவ்வாறு ஏற்படுகின்றன? அவைகளின் விளைவுகள் யாவை?

9. ஒரு விண்மீனின் உண்மையான நெட்டாங்கு 90' ஆகில்,

(i) மார்ச்சு 21-ம் தேதியன்று

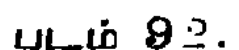
(ii) ஞாயிற்றுக் கோட்டத் திருப்ப நிலையன்று

(iii) ஞாயிற்று மாரித் திருப்ப நிலையன்று

அதன் தோற்ற நெட்டாங்கைக் கண்டுபிடி. பிறழ்ச்சிக் கெழு 20"·47.

9. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியும் அச்சலைவும்

(Precession of the equinoxes and nutation)



படம் 92.

புவிக்கோளமானது சீரான உருண்டை அல்ல. சிற்றச்சு கோள உருக்கொண்டது ; அதன் துருவங்களின் விட்டம் (pp') அதன் நடுவரை விட்டத்தை விடக் குறைவு; ஆகையால் துருவங்களில் சிறியதாகவும், நடுவரையில் பெரியதுமாக உள்ளது எனக் கூறுகிறோம்.

ஞாயிறு புவியைத் தன் ஈர்ப்பாற்றலால் இழுக்கிறது. இந்த இழுப்பை 3 கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம் (i) pp'ஐ விட்டமாகக் கொண்ட சீரான கோணம் (ii) pr' என்ற பெருத்துள்ள பகுதி (படம் 92ஐப் பார்க்கவும்) (iii) (pqp' என்ற மற்றொரு பெருத்துள்ள பகுதி. சீரான கோளத்தின் மேல் செலுத்தப்படும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் புவியின் மையம் (E) வழியாகச் செல்லும் விசையாகும். ஆனால் prp', pqp' என்ற பெருத்துள்ள பகுதிகளில் ஈர்ப்பாற்றல் மாறுபடும். prp'-ல் அதிகமாகவும், pqp-'ல் குறைவாகவும் இருக்கும். இந்த மூன்று ஈர்ப்பாற்றல்களையும் ஒருங்கே செலுத்தும் ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு விசை, புவியின்மையம் வழியாகச் செல்லாமல் புவி அச்சில் E-க்கு மேலோ, அல்லது கீழோ உள்ள ஒரு புள்ளி O வழியாகச்

செல்லும். ஆனால் ஞாயிறு நடுவரைக்கு வரும்பொழுது, புவி நடுவரைத் தளத்திற்குச் சீராக அமைவதால், விளைவு விசை புவி மையத்தின் வழியாகச் செல்லும்.

புவியின் பருத்த பகுதிகளில் வெவ்வேறான ஈர்ப்பாற்றல் செலுத்தப்படுவதன் காரணமாக, புவி அச்சு நடுவரைத் தளம் ஞாயிறு வழியாகச் செல்லும்வரை இழுக்கப்படும். அதாவது புவி அச்சு pp', ஞாயிற்றுத் தளத்தின் செங்குத்துக்கோடு EK உடன் இணையும் வரை இழுக்கப்படும். ஆனால் புவி மிக வேகமாகத் தன்னைத்தானே சுற்றுகிறது. இந்தச் சுற்று விசை pp', EK உடன் இணைவதைத் தவிர்க்கிறது. Ep, EK உடன் சேருவதற்குப் பதிலாக, EK ஐச் சுற்றி நேர்வட்டக் கூம்பை (right circular cone) ஏற்படுத்தும். இந்த நேர்வட்டக் கூம்பின் அரை உச்சிக்கோணம் (semi vertical angle) ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை, நடுவரையுடன் ஏற்படுத்தும் சாய்வுக்கோணம் ($\omega°$)-க்குச் சமமாகிறது.

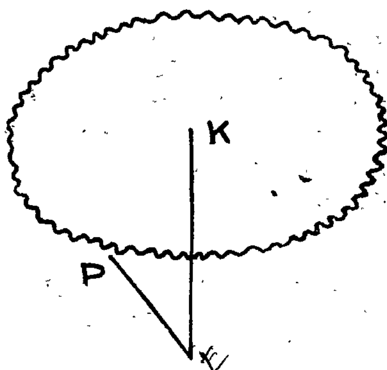
ஞாயிற்றைவிட, திங்கள் புவிக்கு அருகாமையிலுள்ளது. புவி அச்சைத் தன் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாகத் திங்கள் அதிக அளவிற்கு இழுக்கிறது. திங்களின் இழுப்பு விசை, ஞாயிற்றின் இழுப்பு விசையைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காகும். ஞாயிறு, திங்களின் ஈர்ப்பு விசைகளின் கூடுதலால் இழுக்கப்பட்ட புவி அச்சு (Ep) EK ஐச் சுற்றி $\omega°$ கோணத் தொலைவில் வலஞ்சுழியாகச் (clockwise) சுற்றி நேர்வட்டக் கூம்பை ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் வான நடுவரை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்மேல் சரியும். ஆனால் அவ்விரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள கோணம் $\omega°$ மாறாது. வான நடுவரையும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையும் சந்திக்கும் இரண்டு புள்ளிகளும், அதாவது, மேட முதற்புள்ளியும் துலா முதற் புள்ளியும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்மேல் வலஞ்சுழித் திசையில் நகரும். இந்த இரண்டு சம இரவுப் புள்ளிகள் (Equinoxial points) ஞாயிறு இயங்கும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் இயங்குகின்றன.

அப்பொழுது அவை, பின்னகர்ச்சி அடைகின்றன எனச் சொல்கிறோம். இந்தச் சம இரவுப் புள்ளிகள் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின்மேல் பின்நகர்வதைச் சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி (Precession equinoxes) எனச் சொல்கிறோம். இந்தப் பிற்போக்கு இயக்கம் புவியின் பருத்த பகுதிகளின்மேல், ஞாயிறு திங்கள் ஆகியவை வெவ்வேறு திறமுடைய ஈர்ப்பு விசைகளைச் செலுத்துவதினால் ஏற்படுகிறது. இதை, 'திங்கள், ஞாயிற்றால் ஏற்படும் பின்னகர்ச்சி' (luni-solar precession) என்று சொல்கிறோம். ஆண்டொன்றில் 50"·26 பின்னகர்ச்சி ஏற்படுகிறது.

சம இரவுப் புள்ளிகளில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுது, ஞாயிறு வான நடுவரையில் அமைவதால், ஞாயிற்றால் ஏற்படும் பின்னகர்ச்சி இராது. அதேபோல, திங்கள் நடுவரையை $27\frac{1}{3}$ நாளில் இருமுறை கடக்கிறது. வான நடுவரையில் இருக்கும் நாளன்று, 'திங்களால் ஏற்படும் பின்னகர்ச்சி' இராது.

123. அச்சலைவு (Nutation)

சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியை ஏற்படுத்துவதில், திங்களுக்கு ஞாயிற்றைவிட அதிகப் பங்கு உண்டு. ஏனெனில், திங்கள் புவிக்கு மிக அண்மையில் உள்ளது. ஞாயிற்றால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசையை விட, திங்களால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசை இரு மடங்கு அதிகம் எனக் கூறுகிறோம். திங்களின் ஒழுக்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் தளத்திற்கு $5°9'$ சாய்வில் உள்ளது. திங்கள் ஒழுக்கின் துருவத்தை K' என்று கொண்டால், திங்களின் ஈர்ப்பு விசை, புவி அச்சு Ep, EK' ஐச் சுற்றி நேர்வட்டக் கூம்பு வடிவத்தில் இயங்கச் செய்யும், புவியின் சுற்று விசை இதைத் தவிர்க்கும். ஆகவே, திங்கள், ஞாயிறு இவற்றின் ஈர்ப்பு விசைகள் காரணமாக, புவியின் அச்சு Ep, EK ஐச் சுற்றி நேர்வட்டக் கூம்பு ஏற்படுத்தும்பொழுது, நேர்வட்டக் கூம்பின் அடி (base) வட்டமாக இல்லாமல், அலையலையான வளைக்கோட்டு (wave curve) வடிவத்தைப் பெறும் (படம் 93).



படம் 93.

ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவம் K ஐச் சுற்றி புவியின் துருவம் (p) அலையலையான வளை கோட்டுப் பாதையில் இயங்கும். புவி அச்சு Ep தள்ளாடுவதுபோல் தோன்றுவதால், இந்தத் தோற்றத்தை அச்சலைவு (Nutation) என்று சொல்கிறோம்.

124. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியால் ஏற்படும் விளைவுகள் (Effects of precession of equinoxes)

(i) மேட முதற் புள்ளி ஓர் ஆண்டிற்கு 50"·26 பிற்போக்காக ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைமேல் நகர்கிறது. ஆகையால் எல்லா விண்மீன்களின் நெட்டாங்கும் இந்த அளவிற்கு ஒவ்வோர் ஆண்டும் அதிகரிக்கும். ஆனால் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் தளம் மாறுவதில்லை. அதனால் விண்மீனின் அகலாங்கு மாறுவதில்லை.

(ii) பருவ ஆண்டு (tropical year) காலத்தைக் குறைக்கும் சம பகல் இரவு நாட்கள் பின்னகர்ச்சியின் அளவுக்கு முன்னரே தொடங்கும்.

(iii) ஓராண்டிற்கு 50"·26 அளவு, மேட முதற்புள்ளி பின்னகர்கிறது. ஞாயிற்றின் ஒழுக்கில் ஒரு முழுச் சுற்று வர 26,000 ஆண்டுகள் ஆகும். இந்தக் கால அளவை "பின்னகர்ச்சிக் காலம்" (precessional period) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

இப்பொழுது வட துருவ விண்மீன் (north polar star) வட துருவத்திற்கு அருகில் உள்ளது. இது வட துருவத்தைக் குறிப்பதில் உதவியாக உள்ளது. ஆனால், பின்னகர்ச்சி காரணமாக, துருவங்கள், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவங்களைச் சுற்றி ω° கோண ஆரமுள்ள வட்டத்தின் மேல் நகரும். ஆகவே இப்பொழுது துருவ விண்மீனாக இருக்கு விண்மீன், 10 அல்லது 12 ஆண்டுகளுக்குப் பின் துருவத்திற்கு அப்பால் தொலைவில் அமையும், துருவ விண்மீன் என்ற தகுதியை இழக்கும். அவ்வமயம் 'வீகா' விண்மீன் துருவ விண்மீனாகும் எனக் கொண்டுள்ளார்கள்.

(iv) சம இரவுப் புள்ளிகள் (♈-ம், ♎-ம்), மேட முதற்புள்ளியும் துலா முதற் புள்ளியும், மேடம், துலாம் என்ற இராசிகளில் இடம் பெற்றன. அதனால் அப் பெயரையும் பெற்றன. பிற்போக்கின் காரணமாக அவை இவ்விரண்டு இராசிகளுக்குப் பின்னுள்ள மீன இராசியிலும், கன்னி இராசியிலும் நகர்ந்துள்ளன.

(v) சம இரவுப் புள்ளிகளைக் கொண்டு பருவங்களின் காலங்களும், அவைகளின் தொடக்கமும் குறிப்பிடப்பட்டன. அவ்விரு புள்ளிகளும் பின்னடைவதால், பருவ காலங்களின் தொடக்கமும் அவற்றின் கால அளவும் மாறுபாடு அடையும்.

125. அச்சலையின் விளைவுகள் (Effects of nutation)

1. அச்சலையின் காரணமாக மேட முதற் புள்ளி ஞாயிற்று ஒழுக்கின் மேல் தன் நிலைக்கு இரு பக்கமும் தள்ளாடுகிறது.

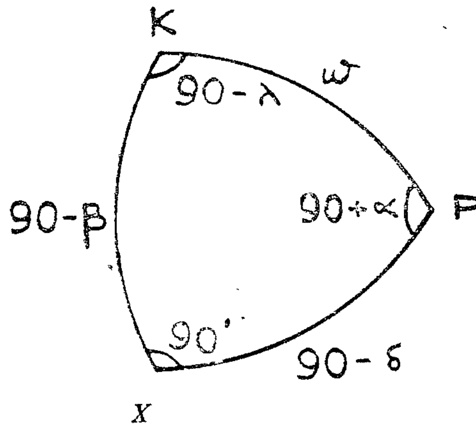
2. வான நடுவரைக்கும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கும் இடையேயுள்ள கோணம், அதாவது, ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு (obliquity of the ecliptic) தன் மதிப்பிலிருந்து அச்சலைவு அளவிற்குக் குறைகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. ஒரு விண்மீனின் நெட்டாங்கு 40°. பின்னகர்ச்சிக் காலத்தில் கால் பங்கு கடந்த பிறகு அதன் நெட்டாங்கின் மதிப் பென்ன? (செ. ப.)

பின்னகர்ச்சிக் காலத்தில், γ, 360° நகர்கிறது. அதன் கால் பங்கு $= 90^\circ$. ஆகவே, $\gamma - 90^\circ$ பின்னடைந்து விட்டது. பிற்போக்கின் காரணமாக, விண்மீனின் நெட்டாங்கு மிகையாகும். ஆகவே விண்மீனின் நெட்டாங்கு $= 40^\circ + 90^\circ = 130^\circ$.

2. P-ம், K-ம் முறையே வான நடுவரையின் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவங்களாகும். X ஐ விண்மீனாகக் கொண்டால், $P\hat{X}K = 90^\circ$ ஆக இருந்தால், X-க்கு வல ஏற்றத்தில் பின்னடைவு இல்லை எனக் காட்டுக. (செ. ப.)



X

படம் 94.

வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் பின்னடைவை $\Delta\alpha$ எனக் கொள் வோம்.

நெட்டாங்கில் ஏற்படும் பின்னடைவை $\Delta\lambda$ எனக் கொள்வோம்.

$$\Delta\alpha = (\cos\omega + \sin\omega \,.\, \sin\alpha \;\tan\delta)\,\Delta\lambda \qquad \ldots \qquad (1)$$

இங்கு $\Delta\alpha = 0$ என நிரூபிக்க வேண்டும்.

படத்தில்,

$$\sin(90^\circ - \overline{90^\circ + \alpha}) = \tan(90^\circ - \omega) \,.\, \tan(90^\circ - \delta)$$

$$-\sin\alpha = \cot\omega \;\cot\delta$$

$$-\sin\alpha \;\tan\delta = \frac{\cos\omega}{\sin\omega}$$

$$\cos\omega + \sin\omega \;\sin\alpha \;\tan\delta = 0 \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (2)$$

(2)ஐ (1)-ல் பிரதியிட்டால்

$$\Delta\alpha = 0.$$

பயிற்சி 12

1. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சியைத் தகுந்த விளக்கத்துடன் கூறுக. அது விண்மீனின் வானக் கூறுகள், பருவங்களின் காலங்கள் முதலியற்றை எவ்வாறு பாதிக்குமென விளக்குக. (செ. ப.)

2. (i) விண்மீனின் வல ஏற்றம், (ii) வான நடுவரையின் துருவங்கள், (iii) பருவ ஆண்டின் காலம்-இவற்றைச் சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி பாதிக்குமென்பதை விளக்குக.

3. ஒரு நிலையில் ஒரு விண்மீனின் வானக் கூறுகள் $\alpha = 0$ ம.; $\delta = 45^\circ$ வ. ஆகும். பின்னகர்ச்சிக் காலத்தில் கால்பங்கு கடந்த பின்னர் வானக் கூறுகளைக் கண்டுபிடி.

4. அச்சலைவு என்றால் என்ன? அது ஏற்படும் காரணத்தையும் விளைவுகளையும் விவரி. (செ. ப.)

10. கெப்ளரின் விதிகள்

(Laws of Kepler)

126. ஜான் கெப்ளர் என்ற ஜெர்மன் நாட்டு விஞ்ஞானி 1600-ம் ஆண்டில் டைகோ என்ற வான விஞ்ஞானியுடன் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டார். டைகோவிற்குப் பிறகு, அவர் டைகோ வின் ஆராய்ச்சிக் கருத்துகள் அடங்கிய குறிப்புகளைக் கைப்பற்றி ஞர். இவைகளில் கோள்களின் இடங்களைக் குறிக்க டைகோ கையாண்ட ஆராய்ச்சிகள் விளக்கப்பட்டிருந்தன. செவ்வாயின் இருப்பிடங்களைக் கொண்டு, மற்றவைகளைப்பற்றி கெப்ளர் ஆராய முற்பட்டார். அவைகள் மேல் வட்டங்களிலும் (epicyles), மற்றும் துணை வட்டங்களிலும் (eccentrics) இயங்கலாமென ஊகித்து அவைகளின் இருப்பிடங்களைக் குறிக்க முற்பட்டார். ஆனால் அவர் காட்சிக்குப் புரம்பாகவுள்ளதைக் கண்டார். கடைசியில் ஞாயிற்றைக் குவியமாகக் கொண்ட நீள் வட்டங்களில் கோள்கள் இயங்கலாமெனக் கருதினர். வியப்புக்குரிய முறையில் காட்சிக்கும் கணக்கிற்கும் உகந்த ஒரு பேருண்மையைக் கண்டார்.

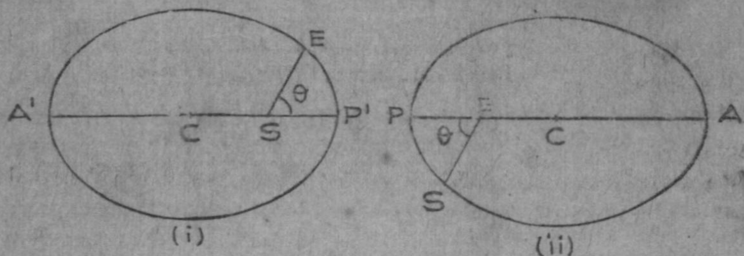
கெப்ளரின் முதல் இரண்டு விதிகள் 1609-ல் வெளியிடப் பட்டன. இவற்றை அவர் அவருடைய "Commentaries on the motion of the Mars" என்ற புத்தகத்தில் குறிப்பிட்டுள்ளார். மூன்ருவது விதியை 1618-ல், தன் புத்தகமாகிய "Harmony of the World" என்ற நூலில் வெளியிட்டார். கோள்களின் இயக்கத்தைப் பற்றிய இம்மூன்று விதிகள் பின்வரும் விஞ்ஞானி களுக்கு, அவர்கள் ஆராச்சிகளில் துணையாக இருந்தன.

126·1 கெப்ளரின் மூன்று விதிகளாவன :

1. ஒவ்வொரு கோளும் ஞாயிற்றை ஒரு குவியமாகக் கொண்ட நீள்வட்ட ஒழுக்கில் இயங்குகிறது.

2. ஞாயிற்றையும் கோளையும் சேர்க்கக் கூடிய கோடு சம நேரத்தில் சமபரப்புகளைக் கடக்கும். அதாவது தனது ஒழுக்கில் ஒவ்வொரு கோளின் பரப்பு வேகமும் மாறிலியாகும்.

3. கோள்கள் ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரும் கால வட்டங்களின் இரு படிகளும், அக்கோள்களின் சராசரி தூரங்களின் முப்படிகளும் ஒரே நேர்விகிதத்தில் உள்ளன.



படம் 95.

படம் (95-i)-ல் புவி, ஞாயிற்றைக் குவியமாகக் கொண்டு அதனைச் சுற்றி நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குகிறது. படம் (95-ii)-ல் ஞாயிறு, புவியைக் குவியமாகக் கொண்டு அதனைச் சுற்றி நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்குவதாகத் தோற்றமளிக்கிறது. படம் 95 (i)-ல் E-ன் ஒவ்வொரு நிலைக்கும், படம் 95 (ii)-ல் அதற்கொத்த S-ன் நிலைகள் அமையும். இரண்டு நீள்வட்டங்களும் சமமானவை.

உண்மை நிலைப் படத்தில் $P' A'$ புவியொழுக்கு நீள் வட்டத்தின் நெட்டச்சு. P' என்ற புள்ளியை புவியின் அண்மை நிலைப் புள்ளி (Perihelion) என்றும், A' என்ற புள்ளியை புவியின் சேய்மை நிலைப்புள்ளி (Aphelion) என்றும் குறிப்பிடுகிறோம்.

அதேபோல, ஞாயிற்றுத் தோற்ற ஒழுக்கு நீள் வட்டத்தில் PA நெட்டச்சு ஆகும். P என்ற புள்ளியை ஞாயிற்றின் அண்மை நிலைப் புள்ளி (Perigee) என்றும், A ஐ ஞாயிற்றின் சேய்மை நிலைப் புள்ளி (Apogee) என்றும் குறிப்பிடுகிறோம்.

AP, $A'P'$ ஆகியவை நீள் வட்டங்களின் கவியக் கோடுகள் (Apse line) ஆகும். கவியக் கோடுகள் நிலையான திசையில் எப்பொழுதுமே இருப்பதில்லை. ஓராண்டிற்கு $11'\ 25''$ முன்னோடியாக இயங்குகிறது எனக் கண்டுள்ளார்கள்.

128. (a) ஞாயிற்றின் கோணவிட்டம், அது பூமியிலிருந்து இருக்கக் கூடிய தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் அமையும் (Angular diameter of the sun is inversly proportional to the distance of the sun from the earth)

ஒவ்வொரு நாளும் நடுப்பகலில் ஞாயிற்றின் கோண ஆரத்தை (s), ϕ அகலாங்கு உள்ள இடத்தில் பார்வையிட்டுக் குறித்துக் கொள்வோம். கோண ஆரம் ஒவ்வொரு நாளும் மாறுகிறது என்றும் அதனுடைய மீப்பெரு மதிப்பு சனவரி 3 ஆம் தேதியும் அதன் மீச்சிறு மதிப்பு சூலை 3 ஆம் தேதியும் வருவதைக் காண்போம். கோண ஆரம் மிகச் சிறியதாகையால், tan $s \to s$.

$\therefore \quad s = \frac{P}{r}$ இங்கு P ஐ, ஞாயிற்றின் ஆரமாகவும், பூமியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரத்தை 'r' என்றும் எடுத்துக் கொண்டுள்ளோம்.

P மாறிலி ஆகையால், $s \propto \frac{1}{\gamma}$ ஆகிறது. ஞாயிற்றின் தூரமும் நாளுக்கு நாள் மாறுவதால், மீப்பெருமதிப்பு சூலை 3 ஆம் தேதியன்றும், மீச்சிறு மதிப்பு சனவரி 3 ஆம் தேதியன்றும் பெறும்.

ஆகவே,

சனவரி : பூமியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தொலைவு—மீச்சிறு மதிப்பு

: ஞாயிற்றின் கோண ஆரம்—மீப்பெரு மதிப்பு

சூலை 3 : பூமியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தொலைவு—மீப்பெரு மதிப்பு

: ஞாயிற்றின் கோண ஆரம்—மீச்சிறு மதிப்பு.

128. (b) ஞாயிற்று அண்மை நிலையின் நெட்டாங்கு (Longitude of Perigee)

ஞாயிற்று அண்மை நிலையின் நெட்டாங்கு, ஞாயிறு அண்மை நிலையில் இருக்கும்பொழுது அதனுடைய நெட்டாங்கு ஆகும். இதன் நெட்டாங்கு 283° எனக் கண்டுபிடித்துள்ளனர். இதனை 'K' என்ற எழுத்தால் குறியீடு செய்வோம்.

128. (c) ஞாயிற்றைச் சுற்றிய புவியொழுக்கின் (அல்லது புவியைச் சுற்றிய ஞாயிற்றின் தோற்ற ஒழுக்கின்) குவி மையப் பிறழ்வு (eccentricity) **காணல்** (To find the eccentricity of the earth's orbit round the sun or the relative orbit of the sun round the earth)

ஞாயிறு பூமியினின்று அண்மையிலிருக்கும் பொழுதும், சேய்மையில் இருக்கும் பொழுதும் அதன் கோண விட்டங்கள் (angular diameters) முறையே s_1, s_2 ஆக இருக்கட்டும்.

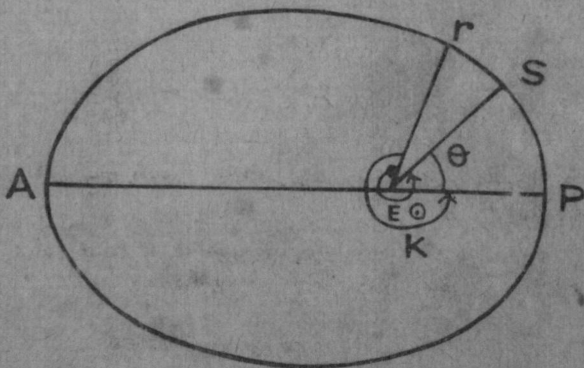
படம் 95 (ii)-ல் $EP = a - ae$, $EA = a + ae$

e, நீள்வட்டத்தின் குவி மையப் பிறழ்வாக இருக்கட்டும்,

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{EA}{EP} = \frac{a(1+e)}{a(1-e)} = \frac{1+e}{1-e}$$

$\therefore \; e = \dfrac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2}$. e-ன் மதிப்பு தோராயமாக $\dfrac{1}{60}$ எனக் கண்டுள்ளார்கள்.

129. பூமியைப் பொறுத்து கெப்ளரின் முதல் இரண்டு விதிகளைச் சரிபார்த்தல் (Verification of first two laws of Kepler in the case of earth)



படம் 96.

(a) சனவரி 3-ம் தேதியன்று ஞாயிறு பூமிக்கு அண்மை நிலையில் வரும். sin ⊙ = sin δ cosec ω என்ற வாய்பாட்டைப்

பயன்படுத்தி, ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கை இந் நிலையில் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். இந்த மதிப்பு ஞாயிற்று அண்மை நிலைப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு ஆகும்.

சனவரி 3 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு ஒவ்வொரு நாளும், அல்லது வெவ்வேறு நாளில் நடுப் பகலில் ஞாயிற்றைப் பார்வையிட்டு அதன் கோண விட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்வோம். பார்வை யிட்ட அந்தந்த நாளில் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கைக் கணக்கிடவும். அந்தத் தேதிகளில் $\theta = \bigcirc - K$ (படம் 96-ல்). இதைப் பயன் படுத்தி θ-ன் மதிப்புகளைக் கண்டு பிடித்து, அவற்றைக் கீழ்க்கண்டபடி அட்டவணையில் குறிக்கவும்.

அட்டவணை

தேதி	நடுப் பகலில் ஞாயிற்றின் கோண அரை விட்டம் (s)	நடுப் பகலில் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$	$\theta = \bigcirc - K$	$\frac{1 + e\cos\theta}{s}$

இங்கு, ஞாயிற்று ஒழுக்கின் குவி மையப் பிறழ்வு எனக் கொள்க.

எல்லாத் தேதிகளிலும் இறுதியில் உள்ள, கட்டத்தின் மதிப்பு மாறிலியாக அமைகிறதைக் காணலாம்.

$\therefore \quad \frac{1 + e\cos\theta}{s}$ என்பது ஒரு மாறிலி.

(அ - து), $1 + e\cos\theta \quad \propto s$.

கோண விட்டம் s, பூமியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் அமைகிறது எனக் கண்டோம்.

(அ - து) $s \propto \frac{1}{r}$ எனக் கண்டோம்.

$$\therefore \quad (1 + e\cos\theta) \propto \frac{1}{r}$$

(அ - து) $1 + e\cos\theta = \frac{l}{r}$, இங்கு l ஒரு மாறிலி.

இது நீள் வட்டத்தின் கோண தூரச் சமன்பாடாகும். எனவே பூமியைச் சுற்றி ஞாயிற்றின் தோற்ற ஒழுக்கு ஒரு நீள் வட்டமெனவும், அந் நீள் வட்டம் பூமியைக் குவியத்தில் பெற்றுள்ளது எனவும் அறியலாம். ஆகவே உண்மை நிலையில் ஞாயிற்றைச் சுற்றி பூமியின் பாதை நீள் வட்டமென்றும், அதன் குவியத்தில் ஞாயிறு அமைகிறது என்றும் கூறுகின்ற கெப்ளரின் விதி சரி பார்க்கப்படுகிறது.

(b) அடுத்தடுத்து வரும் பல நாட்களுக்கு நடுப் பகலில் ஞாயிற்றைப் பார்வையிட்டு $\sin \bigcirc = \sin\delta \ \mathrm{cosec}\ \omega$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அந்தத் தேதிகளுக்கு ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$ ஐக் கணக்கிடுவோம். பார்வையிட்ட நாட்களில் ஞாயிற்றின் கோண ஆரத்தை அதே நடுப் பகலில் குறிப்போம். நாளுக்கு நாள் ஏற்படும் நெட்டாங்கின் வித்தியாசத்தை $\Delta\bigcirc$ எனக் குறியீடு செய்வோம். கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கண்டு பிடிப்புகளைக் குறிப்போம்.

தேதி	நடுப்பகலில் ஞாயிற்றின் கோண ஆரம் (s)	நடுப்பகலில் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$	நெட்டாங்கில் வித்தியாசம் $\Delta\bigcirc$	$\frac{\Delta\bigcirc}{s^2}$

இறுதியாக அமைந்துள்ள கட்டத்தில் மாறிலியாக வருவதைக் காணலாம். (அ - து) $\frac{\triangle \bigcirc}{s^2}$ என்பது ஒரு மாறிலி.

(அ - து). $\triangle \bigcirc \propto s^2$

(அ - து) $\triangle \bigcirc \propto \frac{1}{r^2}$ இங்கு 'r' பூமியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரம்.

$$\therefore \quad \frac{1}{2} r^2 \; \triangle \bigcirc = \text{மாறிலி.}$$

(அ - து) ஒரு நாளில் ஞாயிற்றையும் பூமியையும் சேர்க்கும் ஆரக் கோடு கடக்கும் பரப்பு மாலிறி ஆகிறது. ஆகையால் ஆரக்கோடு சம காலத்தில் சம பரப்பைக் கடக்கும் என்ற கெப்ளரின் இரண் டாம் விதி சரிபார்க்கப் படுகிறது.

130. கெப்ளரின் விதிகளிலிருந்து நியூட்டன் கண்ட முடிவுகள் (Newton's deductions from Kepler's laws)

(i) தன்னொழுக்கில் நகரும் கோளைக் கட்டுபடுத்தும் விசை, ஞாயிற்றை நோக்கியுள்ள ஆரக்கோட்டில் அமையும்.

(ii) கோளைக் கட்டுப்படுத்தும் விசை ஞாயிற்றிலிருந்து தன்னுடைய தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர்விகிதத்தில் மாறும்.

(iii) பல கோள்களைக் கட்டுப்படுத்தும் விசைகள், அவற்றின் திணிவுகளுக்கு நேர்விகிதத்திலும், ஞாயிற்றிலிருந்துள்ள தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் மாறுகின்றன.

கெப்ளரின் முதல் விதிப்படி, ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒரு கோளின் ஒழுக்கு நீள் வட்டமெனவும், அதன் குவியத்தில் ஞாயிறு அமை கிறது எனவும், கண்டோம். நீள் வட்டத்தின் கோண தூரச் சமன்பாடு

$$\frac{l}{r} = 1 + e \cos \theta \quad , \text{ ஆகட்டும்.}$$

கெப்ளரின் இரண்டாவது விதிப்படி கோளின் பரப்பு வேகம் மாறிலி ஆகும்.

(அ - து) $\frac{1}{2} r^2 \frac{d\theta}{dt}$ மாறிலியாகும்.

$$r^2 \frac{d\theta}{dt} = \text{மாறிலி.}$$

$$= h \text{ (என்க)}$$

$$\text{கோளின் குறுக்கு முடுக்கம்} = \frac{1}{r} \frac{d}{dt}\left(r^2 \frac{d\theta}{dt}\right)$$

$$= \frac{1}{r} \frac{dh}{dt}$$

$$= 0 \ (\because h = \text{மாறிலி})$$

$$\text{கோளின் ஆரை முடுக்கம்} = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2$$

$$\text{இங்கு } r = \frac{l}{1 + e\cos\theta}$$

$$\dot{r} = \frac{el \sin\theta}{(1 + e\cos\theta)^2}\dot{\theta}$$

$$= \frac{e\sin\theta}{l} \cdot r^2\dot{\theta} = \frac{eh}{l}\sin\theta$$

$$\ddot{r} = \frac{eh}{l}\cos\theta\dot{\theta} = \frac{eh^2}{lr^2}\cos\theta$$

$$\therefore \text{ ஆரை முடுக்கம்} = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2$$

$$= \frac{e^2 h^2}{l^2}\cos\theta - \frac{rh^2}{r^4}$$

$$= \frac{h^2}{er^2}\left[\cos\theta - \frac{l}{r}\right]$$

$$\therefore \text{ ஆரை முடுக்கம்} = -\frac{h^2}{lr^2} = \frac{-\mu}{r^2}, \ \mu = \frac{h^2}{l}.$$

கோளைக் கட்டுப்படுத்தும் விசைக்கோளின் மேல் ஞாயிற்றின் திசையில் செலுத்தப்படுகிறது என்றும், ஞாயிற்றிலிருந்து தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர்விகிதத்தில் மாறுகிறது என்றும் இதனால் நிரூபணமாகிறது.

கோள் ஒழுக்கத்தின் ஆரை அச்சுகள் கால வட்டத்தைக் குறிக்கட்டும்.

$$h = 2 \times \text{பரப்பு வேகம்}$$

$$= \frac{2\pi\, ab}{T}$$

$$\text{அரைச் செவ்வகலம்} = \frac{b^2}{a}$$

$$\mu = \frac{4\pi^2 a^2 b^2}{T^2} \quad \frac{a}{b^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 a^3}{T^2}$$

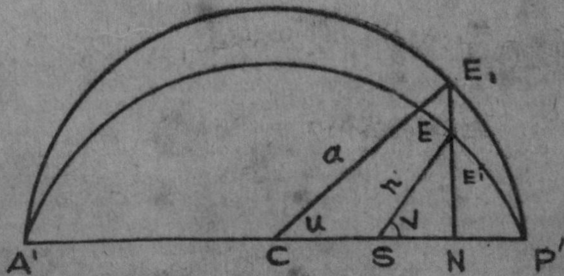
கெப்ளரின் மூன்றும் விதிப்படி $\frac{a^3}{T^2}$ மாறிலி (K என்க).

$$\therefore \quad \mu = 4\pi^2 K.$$

$\therefore$ m திணிவுள்ள கோளின்மேல் செலுத்தப்படும் விசை $\frac{m\mu}{r^2}$

இது ஞாயிற்றுத் திசையில் இயங்கும். இதிலிருந்து நியூட்டன் கண்ட முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

131. நெறிப்பிறழ்ச்சி (Anamoly)



படம் 97.

படம் 97-ல் யாதாமொரு நேரத்தில் E, பூமியின் நிலையாக இருக்கட்டும். புவியொழுக்கு நீள் வட்டமாக உள்ளது. $A'P'$ நீள் வட்டத்தின் கவியக் கோடு. EN, $A'P'$-க்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோடு. NE நீட்டப்பட்டு, துணைவட்டத்தை (auxiliary circle) E_1-ல் சந்திக்கும்.

$$E\hat{S}P' = \text{இயல்பு நெறிப் பிறழ்ச்சி } (v)$$

$$E_1\hat{C}P' = \text{மையவகற்சி நெறிப் பிறழ்ச்சி } (u)$$

E' என்பது ஒரு கற்பனைப் புள்ளி. பூமியின் வேகம் ஒரே சீராக இருக்கிறது. பூமி (E) P'-ல் இருக்கும்பொழுது அதனுடன் E' என்ற புள்ளியும் இருப்பதாகக் கொண்டு, அவை ஒரே கோண வேகத்தில் சீராகச் செல்லுமென்றும் மறுபடி E-ம், E'-ம் ஒரே சமயத்தில் P'-க்கு வந்து சேருமென்றும் கொள்வோம். ஆகவே E'-ன் கோணவேகம், பூமி (E)-ன் கோண வேகத்தின் சராசரியாகும்.

$$E'\hat{S}P' = \text{சராசரி நெறிப் பிறழ்ச்சி } (m)$$

132. இயல்பு நெறிப் பிறழ்ச்சி (v)-க்கும், மையவகற்சி நெறிப் பிறழ்ச்சி (u)-க்குமுள்ள தொடர்பு (Relation between true anomaly and eccentric anomaly)

படத்தில் $CP' = a$,

$SE = r$ எனக் கொள்வோம்.

$$SN = r\cos\theta = \frac{b}{a}E_1N.$$

$$= a(\cos u - e) \quad \cdots \quad \cdots \quad (1)$$

$$EN = r\sin\theta = \frac{b}{a}E_1N.$$

$$= \frac{b}{a}(a\sin u) = b\sin u \quad \cdots \quad \cdots \quad (2)$$

$$r^2 = SN^2 + EN^2$$

$$r^2 = a^2(\cos u - e)^2 + b^2\sin^2 u.$$

$$= a^2(1 - e\cos u)^2.$$

$$\therefore \; r = a(1 - e)\cos u \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (3)$$

$$r(1 - \cos v) = a(1 + e)(1 - \cos u)$$

$$r(1 + \cos v) = a(1 - e)(1 + \cos u)$$

$$\frac{1 - \cos v}{1 + \cos v} = \frac{1 + e}{1 - e} \cdot \frac{1 - \cos u}{1 + \cos u}$$

$$\tan^2 \frac{v}{2} = \frac{1+e}{1-e} \tan^2 \frac{u}{2}$$

$$\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{u}{2}$$

133. மையவகற்சி நெறிப் பிறழ்ச்சிக்கும் சராசரி நெறிப் பிறழ்ச்சிக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு (Relation between the eccentric anomaly and the mean anomaly)

ஞாயிற்று அண்மை நிலை (P')-லிருந்து பூமி (E) படத்தில் (படம் 97) குறிப்பிட்ட இடம் வந்து சேர 't' நேரம் எடுத்துக் கொள்ளட்டும். பூமி ஒரு முழுச் சுற்றுக்கு T நேரம் எடுத்துக் கொள்ளட்டும். பூமியின் சராசரி கோண வேகம் n ஆக இருக் கட்டும்.

$$\therefore \quad n = \frac{2\pi}{T} .$$

இதுதான் E-ன் கோண வேகம். E' தன் குறிப்பிட்ட நிலைக்கு வருவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் 'b'. இந்த நேரத்தில் கடக்கும் கோணம் $E' \hat{S} P' = (m) = nt$.

கெப்ளரின் 2-ம் விதிப்படி,

$$\frac{\text{நீள் வட்டப் பரப்பு } P' S' E}{\pi ab} = \frac{b}{T}$$

$$\text{நீள் வட்டப் பரப்பு } P' S E = \frac{b}{u} \cdot \text{பரப்பு } P' S E$$

$$= \frac{b}{a} [\text{வட்ட கோணப் பகுதி } P' C E_1 - \triangle SCE_1]$$

$$= \frac{b}{a} \left[\frac{1}{2} a^2 u - \frac{1}{2} a^2 e \sin u \right]$$

$$= \frac{1}{2} ab \, (u - e \sin u)$$

$$\therefore \quad \frac{t}{T} = \frac{u - e \sin u}{2\pi} .$$

$$u - e \sin u = \frac{2\pi t}{T} = nt = m.$$

$$\therefore \quad m = u - e \sin u.$$

முதல் தோராயத்தில் $\quad m = u$

இரண்டாம் தோராயத்தில் $u = m + e \sin (m + e \sin m)$

$$= m + e \{\sin m \cos (e \sin m) + \cos m \sin (e \sin m)\}$$

$$u = m + e \sin m + \frac{e^2}{2} \sin 2m.$$

134. இயல்பு நெறிப் பிறழ்ச்சிக்கும் (v), சராசரி நெறிப் பிறழ்ச்சிக்கும் (m) உள்ள தொடர்பு (Relation between true anomaly and mean anomaly)

$$\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{u}{2}$$

$e = \sin \phi$ என்று ஈடு செய்யவும்.

$$\frac{1+e}{1-e} = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \frac{\left(\sin\frac{\phi}{2} + \cos\frac{\phi}{2}\right)^2}{\left(\sin\frac{\phi}{2} - \cos\frac{\phi}{2}\right)^2}$$

$$= \left[\frac{1+\tan\frac{\phi}{2}}{1-\tan\frac{\phi}{2}}\right]^2$$

$$\therefore \quad \tan \frac{v}{2} = \frac{1+t}{1-t} \tan \frac{u}{2}$$

$$\frac{e^{\frac{iv}{2}} - e^{\frac{-iv}{2}}}{e^{\frac{iv}{2}} + e^{\frac{-iv}{2}}} = \frac{1+t}{1-t} \left[\frac{e^{\frac{iu}{2}} - e^{\frac{-iu}{2}}}{e^{\frac{iu}{2}} + e^{\frac{-iu}{2}}}\right]$$

$$\frac{e^{iv}-1}{e^{iv}+1} = \frac{1+t}{1-t}\;\frac{e^{iu}-1}{e^{iu}+1}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \text{ ஆனல் } \frac{a+b}{a-b} = \frac{c+d}{c-d}$$

$$e^{iv} = \frac{e^{iu}-t}{1-t\,e^{iu}}$$

$$= \frac{e^{iu}(1-t\,e^{-iu})}{1-t\,e^{iu}}$$

$$\log e^{iv} = \log e^{iu} + \log(1-t\,e^{-iu}) - \log(1-t\,e^{iu})$$

$$iv = iu - te^{-iu} - \frac{t^2}{2}e^{-2iu}$$

$$= iu + t(e^{iu}-e^{-iu}) + \frac{t^2}{2}(e^{2iu}-e^{-2iu}) + \dots$$

$$= iu + t\,.\,2i\sin u + \frac{t^2}{2}\,2i\sin 2u + \dots$$

$$v = u + 2t\sin u + t^2\sin 2u + \dots$$

$$= u + 2\left[t\sin u + \frac{t^2}{2}\sin 2u + \dots\right]$$

$$\text{இங்கு } t = \tan\frac{\phi}{2} = \frac{\sin\frac{\phi}{2}}{\cos\frac{\phi}{2}} = \frac{2\sin^2\frac{\phi}{2}}{\sin\phi}$$

$$\frac{1-\cos\phi}{e} = \frac{1-(1-e^2)^{\frac{1}{2}}}{e}$$

$$= \frac{1}{e} - \frac{1}{e}\left[1 - \frac{e^2}{2} - \frac{e^4}{8} + \dots\right]$$

$$= \frac{e}{2} + \frac{e^3}{8} + \dots$$

முதல் தோராயத்தில், $t = \dfrac{e}{2}$

$$\therefore \quad v = u + 2\left[\frac{e}{2}\sin u + \frac{e^2}{8}\sin 2u\right]$$

$$= m + e\sin m + \frac{e^2}{2}\sin 2m.$$

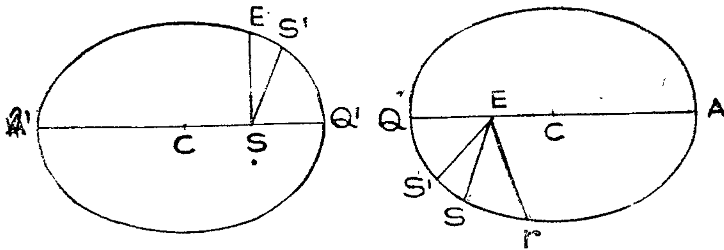
$$+ 2\left[\frac{e}{2}\sin(m + e\sin m) + \frac{e^2}{8}\sin 2m\right]$$

$$= m + e\sin m + \frac{e^2}{2}\sin 2m$$

$$+\left[e(\sin m + e\sin m\cos m) + \frac{e^2}{4}\sin 2m\right]$$

$$v = m + 2e\sin m + \frac{5e^2}{4}\sin 2m.$$

135. ஞாயிற்றின் உண்மை நெட்டாங்கிற்கும், சராசரி நெட்டாங்கிற்கும் உள்ள தொடர்பு காணல் (Relation between true and mean longitude of sun)



படம் 98.

உண்மை நிலைப் படத்தில் E' ஐப் பற்றி விவரித்தோம். E'-க்குப் பொருத்தமான ஒரு கற்பனை ஞாயிறு S உடன் P-ல் இருந்து புறப்பட்டு S-ன் சராசரி கோண வேகத்துடன், S'-ன் பாதையிலேயே செல்லும். ஒவ்வோர் அரைச் சுற்றுக்குப் பிறகும் முழுச் சுற்றுக்குப் பிறகும் S-ம், S'-ம் ஒன்றும். S'-ன் கோண வேகம், S-ன் சராசரிக் கோண வேகத்திற்குச் சமம். S' என்ற கற்பனை ஞாயிற்றை மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிறு (Dynamical mean sun) என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

கோணம் PES' = கோணம் $P'SE\ (m)$

கோணம் PES = கோணம் $PSE\ (v)$

கோணம் ΥES = ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$

கோணம் ΥEP = அண்மை நிலைப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு (K)

கோணம் $\Upsilon ES'$ = ம.வ.ச. ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு (l)

ஆகையால், $v = \bigcirc - K$

$$m = l - K$$

$$v - m = \bigcirc - l.$$

$$v - m = 2e \sin (l - K) + \frac{5e^2}{4} \sin 2m.$$

$(v - m)$ ஐ மையச் சமன்பாடு (equation of centre) என்கிறோம்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) ஞாயிற்றின் தோற்ற விட்டத்தின் மதிப்பு 31′ 33″; அதன் மீப்பெரு மதிப்பு 32′ 35″. புவி ஒழுக்கின் குவி மையப் பிறழ்வு என்ன ? (செ. ப.)

$$e = \frac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2}$$

$$= \frac{32'\ 35'' - 31'\ 33''}{32'\ 35'' + 31'\ 33''}$$

$$= \frac{1'\ 2''}{64'\ 8''}$$

$$= \frac{1}{62} \text{ (தோராயமாக)}$$

2. பூமியின் அண்மை நிலையிலும் சேய்மை நிலையிலும் அதன் வேகங்கள் முறையே v_1, v_2 ஆனால், $(1 - e)\ v_1 = (1 + e)\ v_2$ எனக் காட்டுக. (இங்கு e புவியொழுக்கின் குவி மையப் பிறழ்வைக் குறிக்கும். (செ. ப.)

அண்மை நிலையிலும் சேய்மை நிலையிலும், புவியொழுக்கின் தூரக் கோடுகள் r_1, r_2 ஆக இருக்கட்டும். 't' என்ற கால அளவில் θ_1 என்ற கோணத்தை அண்மை நிலைக்கருகில் கடக்கட்டும்.

$$r_1 \theta_1 = v_1 t$$

$$\text{பரப்பு} = \frac{1}{2} r_1^2 \theta = \frac{1}{2} r_1 v_1 t$$

அதேபோன்று, சேய்மை நிலைக்கருகில்

$$\text{பரப்பு} = \frac{1}{2} r_2 v_2 t$$

இரண்டு பரப்புகளும் சமம்

$$\therefore \; r_1 v_1 = r_2 v_2$$

$$(a - ae) v_1 = (a + ae) v_2$$

$$(1 - e) v_1 = (1 + e) v_2$$

பயிற்சி 13

1. ஞாயிற்றின் தோற்ற விட்டத்தின் மீப்பெரு மீச்சிறு மதிப்புகள் முறையே 32′ 36″, 31′ 32″ ஆகிறது. அதன் ஒழுக்கின் குவி மையப் பிறழ்வைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

2. கோள்களின் இயக்கத்தைப் பற்றிய கெப்ளரின் விதிகளைக் கூறுக. பூமியைப் பொறுத்து முதலிரண்டு விதிகளைச் சரி பார்க்கவும்.

3. ஞாயிற்றைச் சுற்றிப் புவி ஒழுக்கின் குவி மையப் பிறழ்வைக் காணும் முறையை விளக்குக.

4. கெப்ளரின் விதிகளிலிருந்து நியூட்டன் கண்ட முடிவுகள் யாவை?

5. நெறிப் பிறழ்ச்சி என்றால் என்ன? இயல்பு நெறிப் பிறழ்ச்சி; மையவகற்சி நெறிப் பிறழ்ச்சி, சராசரி நெறிப் பிறழ்ச்சி —இவைகளை வரையறுக்கவும்.

6. நெறிப் பிறழ்ச்சிகளில் கீழ்வரும் தொடர்புகளை நிரூபிக்கவும்:

(i) $\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{u}{2}$

(ii) $u = m + 2e \sin m + \frac{e^2}{2} \sin 2m.$

(iii) $v = m + 2e \sin m + \frac{5e^2}{4} \sin 2m$

7. வெள்ளியின் சராசரி தூரம் 0·72 எனக்கொண்டு புவியின் தூரம் 1 எனக் கொண்டு வெள்ளியின் கால வட்டத்தைக் கணக்கிடவும்.

8. வழக்கமான குறியீடுகளைக் கொண்டு

$$v - m = 2e \sin (l - k) + \frac{5e^2}{4} \sin 2 (l-k)$$ என நிரூபி.

9. ஞாயிற்றுடையவும், கோளுடையவும் செவ்வகலங்கள் l_1, l_2 ஆனல், குறித்த கால அளவில் கோள் கடக்கும் பரப்பு, பூமி கடக்கும் பரப்பில் $\sqrt{\frac{l_2}{e_1}}$ மடங்கு ஆகும் எனக் காட்டு. (செ. ப.)

11. காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு

(Equation of Time)

136. பலவகையான காலக் கணிப்பு முறைகள் (Various modes of measuring time)

(i) **மீன்வழி நேரம்** (Siderial time)

பூமி தன்னைத்தானே தன் அச்சைச் சுற்றி ஒரு முறை சுற்றுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தை மீன்வழி நாள் (siderial day) எனச் சொல்கிறோம். மேட முதற்புள்ளி தினசரி இயக்கத்தின் காரணமாக உச்சி வட்டத்தைக் கடக்க நேரிடுகிறது. அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு மேலுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ அல்லது கீழுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ இடையில் உள்ள காலத்தை 'மீன்வழி நாள்' என்றும் சொல்லலாம். '♈' ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்போது, மீன்வழி நாள் தொடங்குகிறது. அப்பொழுது மீன்வழி நேரம் $0^{ம}$ $0^{நி}$ $0^{வி.}$ ஆகும். அப்பொழுது மீன்வழி நண்பகல் ஆகும். மீன்வழி நாள் அப்பொழுதுதான் தொடங்கும். யாதாமொரு நாளில் ஞாயிறு மேலுச்சியைக் கடக்கும்பொழுது உள்ள மீன்வழி நேரம், அந்தத் தருணத்தில் அதன் வல ஏற்றத்திற்குச் சமம். ஆகவே ஞாயிறு மேலுச்சியைக் கடக்கும்பொழுதுள்ள நேரம், மார்ச்சு 21-ம் தேதி $0^{ம.}$ ஆகும். சூன் 22-ம் தேதி $6^{ம.}$ ஆகும். செப்டம்பர் 23-ம் தேதி $12^{ம.}$ ஆகும். டிசம்பர் 22-ம் தேதி $18^{ம.}$ ஆகும் ஞாயிற்றின் தோற்ற நேரம் அதற்கேற்ப மாறும் ஆகையால் மீன்வழி நேரம் மனித உலகத்தின் அன்றாட வாழ்க்கைக்கு உகந்ததல்ல.

(ii) **தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரம்** (Apparant solar time)

தோற்ற ஞாயிறு ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் பொழுது அடுத்தடுத்த இரண்டு மேலுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ, அல்லது கீழுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ இடைப்

பட்ட காலத்தை, தோற்ற ஞாயிற்று வழிநாள் (apparent solar day) எனச் சொல்கிறோம். ஞாயிற்றின் தோற்ற, மறைவு நேரங்கள் தோராயமாக 6 மணியாகும். ஆதலால், இந்த முறையை அன்றாட வாழ்க்கை முறைக்குப் பயன்படுத்த முடியும் என நினைக்கலாம். ஆனால் இந்த நாளின் காலம் நாளுக்கு நாள் மாறுபடும். ஏனெனில், தோற்ற ஞாயிற்றின் வழிநாள் = மீன்வழி நாள் + ஞாயிற்றின் வல ஏற்ற மிகை.

மீன்வழி நாளின் காலம் மாறிலியானாலும், தோற்ற ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் நாளுக்கு நாள் மாறுமாதலால் தோற்ற ஞாயிற்று வழி நாளின் காலம் ஒவ்வொரு நாளும் மாறும். வானியல் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுமே யொழிய அன்றாட வாழ்க்கைக்கு இதுவும் பயன் தராது.

(iii) சராசரி ஞாயிறு வழி நேரம் (Mean solar time)

மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றைப் பற்றி முன்னரே கண்டோம். அது ஒரு கற்பனைப்புள்ளி ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் மேல், தோற்ற ஞாயிற்றின் சராசரி கோண வேகத்துடன் சீரான கோண வேகத்தில் அது இயங்குகிறது. இந்தப் புள்ளியை S' என்று குறிப்பிட்டோம். இப் புள்ளி S', Υ-க்கு வரும்பொழுது மற்றொரு கற்பனைப் புள்ளி S'' அங்கிருப்பதாகக் கொள்வோம். S'' என்ற கற்பனைப் புள்ளி வான நடுவரைமேல் இயங்கட்டும். S' எந்தச் சீரான கோண வேகத்துடன் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் மேல் இயங்குகிறதோ, அதே கோண வேகத்துடன் சீரான முறையில் வான நடுவரையின்மேல் S'' இயங்கட்டும். ஆகவே S'-ம் S''-ம் Υ-லிருந்து புறப்பட்டு ஓராண்டுக் காலத்திற்குப் பிறகு அதே இடத்தில் சந்திக்கும். இந்த S'' என்ற கற்பனைப் புள்ளியை, 'வானியல் சராசரி ஞாயிறு' (Astronomical mean sun) எனச் சொல்கிறோம். ஆகவே வானியல் சராசரி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம், எந்த நேரத்திலும் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கிற்குச் சமம். இவை இரண்டும் தோற்ற ஞாயிற்றின் சராசரி நெட்டாங்கிற்குச் சமமாகும்.

யாதாமொரு உச்சி வட்டத்தை வானியல் சராசரி ஞாயிறு கடக்கும்பொழுது, இரண்டு அடுத்தடுத்த மேலுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ, அல்லது கீழுச்சிக் கடத்தல் நேரங்களுக்கோ இடைப்பட்ட கால அளவைச் 'சராசரி ஞாயிற்று வழி நாள்' எனச் சொல்கிறோம். இந்தச் சராசரி ஞாயிற்று வழிநாள் குறிப்பிட்ட கால அளவை உடையதாகும். ஓராண்டுக் காலத்தில் தோற்ற ஞாயிற்று வழி நாட்களின் சராசரி காலமாகும். S'' என்ற கற்பனைப் புள்ளி

ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரம் அந்த இடத்தின் சராசரி நண்பகல் ஆகும். அதேபோல, கீழுச்சிக் கடத்தல் நேரம் 'சராசரி நள்ளிரவு' ஆகும். ஓரிடத்திற்குச் சராசரி ஞாயிற்று வழி நாள்' நடு இரவிலிருந்து தொடங்குகிறது.

ஒரு தருணத்தில் 'சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரம்' தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரம் ஆகிய இவ்விரண்டிற்கும் வேறுபாடு அதிகம் இராது.

(13). காலக் குறைச் சமன்பாடு (Equation of time)

ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரத்திற்கும் சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு அந்தத் தருணத்திற்குரிய காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு ஆகும். இதை E என்று குறியீடு செய்வோம். தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரம் சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்தைக் காட்டிலும் அதிகமானால் E மிகையாகும். தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரம் சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்தைவிடக் குறைவானால், E குறையாகும்.

குறிப்பிட்ட தருணத்தில் தோற்ற ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் α எனவும், தோற்ற ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\odot$ எனவும், மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு l எனவும், சராசரி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் α எனவும், மீன்வழி நேரத்தை 't' எனவும் கொள்க.

வரையறைப்படி

காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு = தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரம் — சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரம்

= தோற்ற ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் — சராசரி ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம்

$$= (t - \alpha) - (t - l) \quad [\because \; h = t - \alpha]$$

[மேலும் சராசரி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு 'l'-க்குச் சமம்.]

$$= l - \alpha$$

$$= (l - \odot) + (\odot - \alpha)$$

$$= E_1 + E_2$$

ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை ஒரு நீள் வட்டமாதலால் (வட்டமல்ல) ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு ஒரே சீராக மாறுவதில்லை. எனவே மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு l-க்கும் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு ☉-க்கும் வேறுபாடு இருக்கும்.

இந்த வேறுபாடு $E_1 = l -$ ☉ ஆகும். இதைக் குவி மையப் பிறழ்வு காரணமாக ஏற்படும் காலச் சமன்பாடு (Equation of time due to eccentricities) என்று சொல்கிறோம்.

ஞாயிற்றின் பாதை வான நடுவரையுடன் $\omega°$ கோணச் சாய்வில் அமைந்துள்ளது. ஆகையால் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு ☉-க்கும் அதன் வல ஏற்றம் α-விற்கும் வேறுபாடு இருக்கும். ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதைச் சாய்வின் காரணமாக ஏற்படும் காலச் சமன்பாடு $E_2 =$ ☉ $- \alpha$ ஆகும். இதை ஞாயிற்றுப் பாதைச் சாய்வின் காரணமாக ஏற்படும் காலச் சமன்பாடு (equation of time due to obliquity) என்று சொல்கிறோம்.

E_1-ன் மதிப்புக் காணல்

(135)-ல் கணக்கிட்டபடி,

$$\odot - l = 2\,e \sin(l - K) + \frac{5e^2}{4} \sin 2(l - K)$$

$$\therefore\ l - \odot = -\,2\,e \sin(l - K)$$

(e^2 ஐயும் அதன் அதிகமான படிகளையுடைய உறுப்புகளையும் விட்டுவிட வேண்டும்.

$\therefore$ ஆரையன் அளவில், $l - \odot = -\,2\,e \sin(l - K)$

மணிகள் அளவில், $l - \odot = -\,\frac{24}{\pi}\,e \sin(l - K)$ மணிகள்.

விநாடிகள் அளவில்,

$$l - \odot = -\,{\cdot}0334678 \times 13751 \sin(l - K)$$

$$= -7\text{நி}\cdot 67 \sin(l - K).$$

E_2-ன் மதிப்புக் காணல்

$\tan\alpha = \cos\omega \tan\odot$ என்று முன்னரே கண்டோம்.

$$= \frac{1 - \tan^2\frac{\omega}{2}}{1 + \tan^2\frac{\omega}{2}} \tan\odot.$$

$-\tan^2 \frac{\omega}{2} = t$ எனக் கொண்டால்;

$$\tan \alpha = \frac{1+t}{1-t} \tan \odot.$$

(134)-ல் கண்டபடி,

$$\alpha = \odot + t \sin 2\odot + \frac{t^2}{2} \sin 4\odot + \ldots$$

$$\odot - \alpha = (-)t \sin 2\odot - \frac{t^2}{2} \sin 4\odot - \ldots$$

$$\tan^2 \frac{\omega}{2} = \frac{1}{23}$$ ஆகையால், $\tan^4 \frac{\omega}{2}$ ஐயும்

மற்ற $\tan^2 \frac{\omega}{2}$-ன் படிகளையும் விட்டுவிட வேண்டும்.

$$\therefore \quad \odot - \alpha = \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2\odot$$

$$= \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2 [l + 2e \sin (l - K)]$$

$$= \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l.$$

[$e = \frac{1}{60}$; ஆகையால் $\tan^2 \frac{\omega}{2}$ ஐ விடச் சிறியது. e ஐ உடைய உறுப்பை விட்டு விடுக.]

ஆரையன் அளவில், $\odot - \alpha = \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l.$

மணிகள் அளவில், $\odot - \alpha = \frac{12}{\pi} \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l.$

விநாடிகள் அளவில், $\odot - \alpha = 13751 \times 0{\cdot}04307 \times \sin 2l$

$$= 592^{\text{வி.}}{\cdot}3 \times \sin 2l.$$

$$= 9^{\text{நி.}}{\cdot}87 \sin 2l.$$

E-ன் மதிப்புக் காணல்

$$E = E_1 + E_2$$

$$= -2e \sin(l - K) + \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l.$$

$$= -7^{நி.}\cdot 67 \sin(l - K) + 9^{நி.}\cdot 87 \sin 2l.$$

$$= -460^{வி.}\cdot 2 \sin(l - K) + 592^{வி.}\cdot 3 \sin 2l$$

138. காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு ஓராண்டுக் காலத்தில் நான்கு முறை பூச்சியமாகும் (Equation of time vanishes four times in a year)

காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு

$$E = -7^{நி.}\cdot 67 \sin(l - K) + 9^{நி.}\cdot 87 \sin 2l.$$

இங்கு K என்பது ஞாயிற்றின் அண்மை நிலை நெட்டாங்கு. இதன் மதிப்பு $283°$ E-ன் மதிப்பு l ஐப் பொருத்து இருக்கும். 'l' என்பது மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு. ஓராண்டில் இது $0°$-லிருந்து $360°$ வரை மாறும். E என்பது, l என்ற ஒரு மாறியின் சார்பு எனக் கொள்ளலாம்.

$$E(l) = -7^{நி.}\cdot 67 \sin(l - 283°) + 9^{நி.}\cdot 87 \sin 2l.$$

$f(x) = 0$ என்ற சமன்பாட்டில் $x = a, b$ என்ற மதிப்புகளைச் செலுத்தும்பொழுது, $f(x)$, குறை, நிறை மதிப்புகளைப் பெறுமானால், $x = a, b$ என்ற இரு மதிப்புகளுக்கிடையில் ஏதாவது ஒரு மதிப்பிற்கு $f(x)$-ன் மதிப்பு குறைந்த அளவில் ஒரு முறையேனும் பூச்சியமாகும் என நாம் அறிவோம்.

அதன்படி $E(0°)$, $E(45°)$, $E(90°)$, $E(180°)$, $E(360°)$ என்றவைகளின் மதிப்புகளைக் காண்போம்.

$$E(0°) = -7^{நி.}\cdot 67 \sin(-283°) + 9^{நி.}\cdot 87 \sin 0°$$

$$= 7\cdot 67 \sin 283°$$

$$= -7^{நி.}\cdot 67 \cos 13°$$

= குறை மதிப்பு

$$E(45°) = -7^{நி.} \cdot 67 \sin(45 - 283) + 9^{நி.} \cdot 87 \sin 90°.$$
$$= 7^{நி.} \cdot 67 \sin(-238°) + 9^{நி.} \cdot 87$$
$$= 7^{நி.} \cdot 67 \sin(238°) + 9^{நி.} \cdot 87$$
= மிகை மதிப்பு

$$E(90°) = -7^{நி.} \cdot 67 \sin(-193°)$$
$$= 7^{நி.} \cdot 67 \sin(193°)$$
= குறை மதிப்பு.

$$E(180°) = -7^{நி.} \cdot 67 \sin(-103°)$$
$$= 7^{நி.} 67 \sin 103°$$
= மிகை மதிப்பு

$$E(360°) = -7^{நி.} \cdot 67 \sin(360° - 283°)$$
$$= -7^{நி.} \cdot 67 \sin 77°$$
= குறை மதிப்பு

l, 0°—45°-க்கிடையில் மதிப்புப் பெறும்பொழுதும், 45°—90°-க் கிடையில் மதிப்புப் பெறும்பொழுதும், 90°—180°-க்கு இடையில் மதிப்புப் பெறும்பொழுதும் 180°—360°-க்கு இடையில் மதிப்புப் பெறும்பொழுதும் E-ன் மதிப்பு நான்கு முறை பூச்சியமாகும் என நிறுவுகிறோம்.

139. காலச் சமன்பாடு ஓராண்டுக் காலத்தில் நான்கு முறை பூச்சியமாவதை வரைபடம் மூலம் காணல் (Graphical Method for showing that the equation of time vanishes four times in a year)

காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு $E = E_1 + E_2$

$$E_1 = -7^{நி.} \cdot 67 \sin(l - 283°)$$

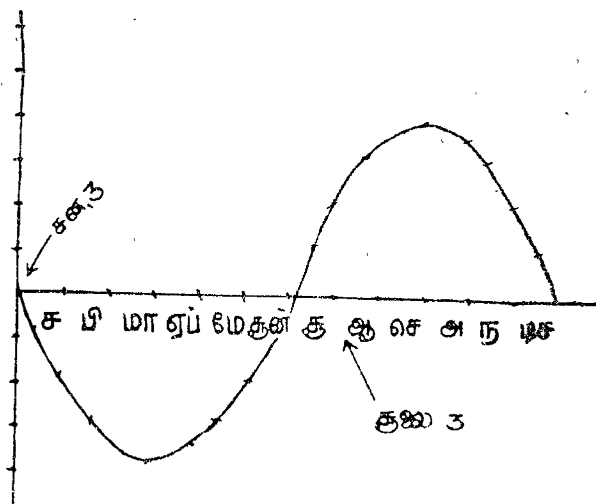
$$E_2 = 9^{நி.} \cdot 87 \sin 2l.$$

E_1, E_2, E என்பவற்றின் மதிப்புகளை வெவ்வேறு நாட்களில் கணக்கிட்டு ஓர் அட்டவணையில் குறிப்போம்.

தேதி	l	E_1	E_2	E
மார்ச்சு 21	0	−7·54	0	−7·54
மே 5	45°	−6·37	+9·87	+3·50
சூன் 22	90	−1·47	0	−1·47
ஆகஸ்டு 5	135°	+4·30	9·67	−5·57
செப்டம்பர் 23	180°	7·54	0	7·54
நவம்பர் 7	225°	6·37	9·87	16·24
டிசம்பர் 22	270°	1·47	0	1·47
பிப்ரவரி 5	315°	−4·30	−9·87	−14·17

தேதிகளை X அச்சிலும் மதிப்புகளை Y அச்சிலும் குறிக்கவும். E_1, E_2, E இம் மூன்றின் வரைபடங்களை வரையவும்.

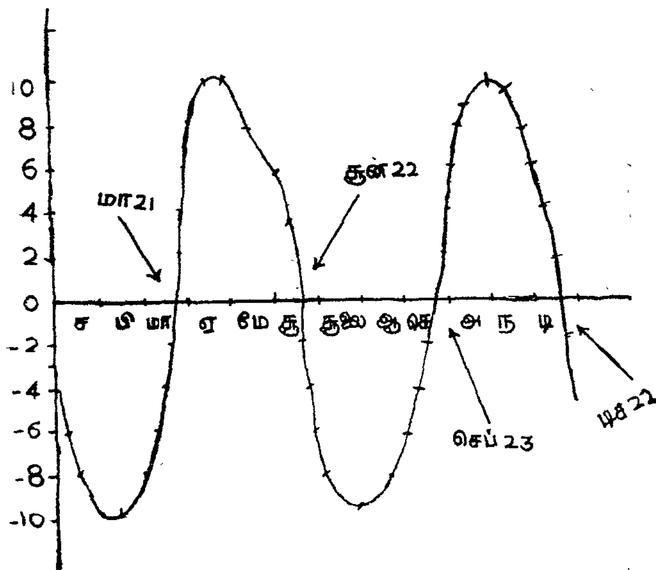
(a) E_1-ன் வரைபடம் X அச்சை ச்னவரி 3-ம் தேதியும் சூலை 3-ம் தேதியும் கடக்கிறது. அந்தத் தேதிகளில் E_1 பூச்சியமாகிறது. வரைபடத்தின் மீப்பெரு உயரமும் ஆழமும் 7 நி. .67 மதிப்பைப் பெறுகிறது.



படம் 99.

காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு (E_1) வரைபடம்

(b) E_2-ன் வரைபடம் X அச்சை (i) மார்ச்சு 21 (ii) சூன் 22 (iii) செப்டம்பர் 23 (iv) டிசம்பர் 22 தேதிகளில் கடக்கிறது. இந்தத் தேதிகளில் E_2 பூச்சியமாகும். வரைபடத்தின் மீப்பெரு உயரமும் ஆழமும் 9நி· .87 என்ற மதிப்பைப் பெறும்.



படம் 100.

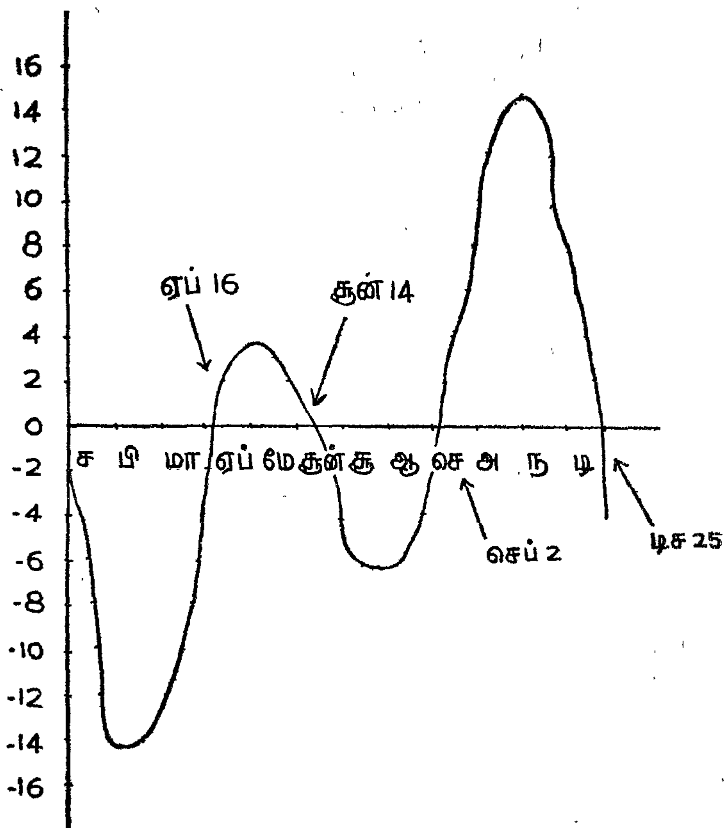
காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு (E_2) வரைபடம்

(c) E-ன் வரைபடம் X அச்சை (i) ஏப்ரல் 16 (ii) சூன் 14, (iii) செப்டம்பர் 2 (iv) டிசம்பர் 25 தேதிகளில் கடக்கிறது. இந்தத் தேதிகளில் E-ன் மதிப்பு பூச்சியமாகும். ஓராண்டில் நான்கு முறை E-ன் மதிப்பு பூச்சியமாவதைக் காணலாம். E-ன் மீப்பெரு மதிப்பு 16நி· · 24 ஆகவும் மீச்சிறு மதிப்பு —14நி· . 17 ஆகவும் உள்ளது.

140. மூன்றாவது வழி (Third method)

காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு

$$E = -2e \sin (l-K) + \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2l$$



படம் 101.

காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு ($E = E_1 + E_2$) வரைபடம்

(அதாவது) $E = A \sin l + B \cos l + C \sin 2l$ என்ற உருவத்தைப் பெறும். இங்கு A, B, C மாறிலிகள். $E = 0$ என்ற சமன்பாட்டை எடுத்துக் கொள்வோம். $\tan \frac{l}{2} = t$ என்ற

$$A \frac{2t}{1+t^2} + B \frac{1-t^2}{1+t^2} + C \frac{2t}{1+t^2} \cdot \frac{1-t^2}{1+t^2} = 0$$

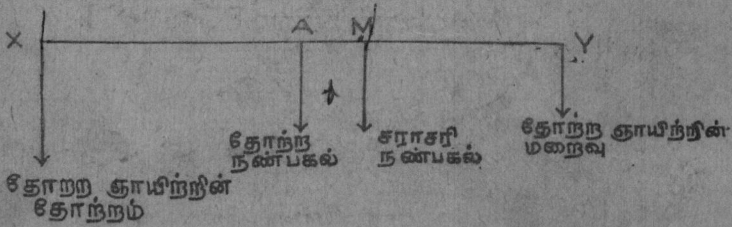
$$2At(1+t^2) + B(1-t^4) + 4Ct(1-t^2) = 0$$

இது t-ல் நான்காம் படிச் சமன்பாடு, t-க்கு நான்கு மதிப்புகளைப் பெறலாம். அதாவது $\tan \frac{l}{2}$-க்கு நான்கு மதிப்புகள் பெற

லாம். அதாவது $\frac{l}{2}$ -ன் $(0° - 18°)$ வரையிலுள்ள நான்கு மதிப்புகள் ஆகும். ஆகையால் $0°$ முதல் $360°$ வரை l-க்கு நான்கு மதிப்புகள் உள. அங்கு $E = 0$ ஆகும். எனவே ஓரண்டில் E, நான்கு முறை பூச்சியமாகும்.

141. காலை நேர அளவு — மாலை நேர அளவு $= 2E$ என்பதை நிரூபித்தல் [Length of morning — length of evening = 2 (equation of time)]

காலை நேரக் காலமென்பது ஞாயிற்றுத் தோற்ற நேரத்திலிருந்து சராசரி நண்பகல் வரையில் உள்ள காலமாகும். மாலை நேரக் காலமென்பது சராசரி நண்பகலிலிருந்து ஞாயிற்று மறைவு நேரம் வரை உள்ள காலமாகும். தோற்ற நண்பகல் என்பது தோற்ற ஞாயிறு தோன்றியது முதல் மறையும்வரை உள்ள மைய நேரம். ஆகவே தோற்ற ஞாயிறு தோற்றத்திற்கும் தோற்ற நண்பகலுக்கும் இடைப்பட்ட காலம் = தோற்ற நண்பகலுக்கும் தோற்ற ஞாயிறு மறைவுக்கும் இடைப்பட்ட காலம்.



படம் 102.

படம் 102-ல் X, A, M, Y என்ற புள்ளிகள் முறையே தோற்ற ஞாயிற்றின் தோற்றம், தோற்ற நண்பகல், சராசரி நண்பகல், தோற்ற ஞாயிற்றின் மறைவு ஆகியவற்றைக் குறிக்கட்டும். சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்தில், தோற்ற ஞாயிற்றின் நேரம் $x^{மு.}$ ஆகவும், தோற்ற ஞாயிற்றின் மறைவு நேரம் $y^{மு.}$ (பி. ப.) ஆகவும் இருக்கட்டும்.

$$\text{காலை நேர அளவு} = XM = (12 - x)^{மு.}$$

$$\text{மாலை நேர அளவு} = MY = y^{மு.}$$

காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு $= AM = E$.

மேலும் $XA = AY$ எனக் கொண்டோம்.

$$XM - AM = AM + MY$$

$$XM - MY = 2\,AM.$$

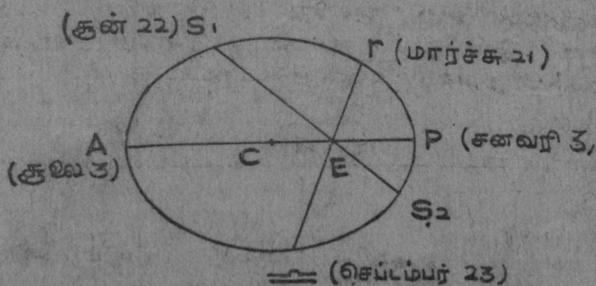
ஆகவே காலை நேர அளவு — மாலைநேர அளவு

= 2 (காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு)

இங்கு ஒரு நாள் பொழுதில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் மிகச் சிறிய அளவில் மாறுபடுவதால், அந்த மாறுதலைப் பொருட் படுத்தவில்லை. இந்தச் சிறு மாறுதலை ஏற்றுக் கொண்டால்

$XA = AY$ என்று இருத்தல் இயலாது.

142. பருவங்கள் (Seasons)



படம் 103.

படம் 103-ல், நீள்வட்டம் பூமியைச் சுற்றி ஞாயிற்றின் வழித் தோற்ற ஆண்டு இயக்க ஒழுக்காகும். P ஞாயிற்றின் அண்மை நிலை; A ஞாயிற்றின் சேய்மை நிலை; ♈ மேட முதற் புள்ளி; ♎ துலா முதற் புள்ளி; S_1 ஞாயிற்றின் கோடைத் திருப்ப நிலை; S_2, ஞாயிற்றின் மாரித் திருப்ப நிலை. ♈E♎ சம இரவுப் புள்ளி களைச் சேர்க்கும் நேர் கோடு. $S_1 E S_2$ ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலைகளைச் சேர்க்கும் நேர் கோடு.

மார்ச்சு 21-ம் தேதி ஞாயிறு ♈ஐ அடைகிறது. அன்று இளவேனிற் காலம் தொடங்குகிறது. மார்ச்சு 21-ம் தேதியிலிருந்து சூன் 22-ம் தேதியில் S_1 என்ற நிலையை அடைகிறது, மார்ச்சு 21-ம் தேதி முதல் சூன் 22-ம் தேதி முடிய உள்ள காலத்தை ,இளவேனிற் காலம்' என்று சொல்கிறோம்.

S_1 என்ற நிலையிலிருந்து தொடரும் போது, ஞாயிறு திசை திரும்பப் பெற்று தென் திசைப் பயணத்தைத் தொடங்குகிறது. இங்கிருந்து 'கோடைக் காலம்' தொடங்கும்.

செப்டெம்பர் 23-ம் தேதி ஞாயிறு ≏ நிலைக்கு வந்து சேரும் வரை கோடைக் காலம் நீடிக்கும். செப்டெம்பர் 23-ம் தேதியன்று இலையுதிர் காலத்தின் தொடக்கமாகும். இந்த நிலையிலிருந்து ஞாயிறு தன் தென் திசைப் பயணத்தைத் தொடர்ந்து, டிசம்பர் 22-ம் தேதி S_2 என்ற நிலையை அடைகிறது. இந்த நிலையில் 'இலையுதிர் காலத்தின் முடிவும் குளிர் காலத்தில் தொடக்கமும் உண்டாகும்.

இந்த நிலையில் ஞாயிறு தன் பயணத்தில் வடதிசை திரும்பி மறு ஆண்டு மார்ச்சு 21-ம் தேதி மேட முதற்புள்ளி ♈ ஐ அடையும். இக் காலத்தைக் 'குளிர்காலம்' என அழைக்கின்றோம். இந்தப் பருவ காலங்கள் புவிக்கோளத்தின் வடபாதியில் உள்ளவர்களுக்கும் பொருந்தும்.

S_2E♈ என்ற நீள்வட்டக் கோணப்பகுதி EP என்ற மிகச் சிறிய ஆரக்கோட்டை உடையதாகும். ஆகவே, அதன் பரப்பு மிகச் சிறியதாகும். நீள்வட்டக் கோணப்பகுதி S_1E♈ மிக நீண்ட ஆரக் கோட்டை உடையதாகும். அதன் பரப்பு மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்.

கெப்ளரின் இரண்டாவது விதிப்படி, ES என்ற ஆரக் கோட்டின் பரப்பு வேகம் மாறிலி ஆகையால், நான்கு பருவங்களின் காலங்கள் அவைகளைப்பெற்ற நீள்வட்டக் கோணப் பகுதியின் பரப்புகளுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

எனவே, $$\frac{\text{இளவேனிற் காலம்}}{\text{பரப்பு } ♈ES_1} = \frac{\text{கோடை காலம்}}{\text{பரப்பு } S_1E ≏}$$

$$= \frac{\text{இலையுதிர் காலம்}}{\text{பரப்பு } ≏ ES_2}$$

$$= \frac{\text{குளிர் காலம்}}{\text{பரப்பு } S_2E ♈}$$

$$= \frac{y}{\text{நீள்வட்டத்தின் பரப்பு}}$$

(y ஓராண்டைக் குறிக்கும்).

இந்தச் சமன்பாட்டிலிருந்தும் கோடைக்காலம் மிக நீண்டதென்றும். குளிர்காலம் மிகக் குறுகியதென்றும் காணலாம். இலையுதிர் காலத்தைவிட இளவேனிற்காலம் நீண்டதாகும்.

143. பருவ காலங்களின் கால அளவைக் கணக்கிடல் (Lengths of four seasons)

தோற்ற ஞாயிற்றின் நெட்டாங்குகள் 0°, 90°, 180°, 270°, 360° ஆக இருக்கும்பொழுது மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிற்றின் நெட்டாங்குகள் முறையே l_0, l_1, l_2, l_3, l_4 எனக் கொள்வோம். ம.வ.ச. ஞாயிறு சீரான கோண வேகத்தில் இயங்குவதால், அதாவது $\frac{2\pi}{y}$ கோண வேகத்தில் இயங்குவதால், நான்கு பருவங்களின் காலங்களைக் கணிக்கமுடியும்.

ஆகவே,

இளவேனிற் காலம் $= \frac{(l_1 - l_0)\,y}{2\pi}$ நாட்கள்.

கோடை காலம் $= \frac{(l_2 - l_1)\,y}{2\pi}$ நாட்கள்.

இலையுதிர் காலம் $= \frac{(l_3 - l_2)\,y}{2\pi}$ நாட்கள்.

குளிர் காலம் $= \frac{(l_4 - l_3)\,y}{2\pi}$ நாட்கள்.

ஆனல், $l - \bigcirc = -\,2e \sin(l - k)$ என அறிவோம்.

$\therefore\quad l = \bigcirc - 2e \sin(l - k)$

[$\bigcirc = 0$ ஆகும்போது $= \bigcirc - 2e \sin(\bigcirc - k)$ தோராயமாக $l = l_0$]

$\therefore\quad l_0 = -\,2e \sin(-\,k)$

$l_0 = 2e \sin k.$

$\bigcirc = \frac{\pi}{2}$ ஆகையால் $l = l_1$

$\therefore\quad l_1 = \frac{\pi}{2} - 2e \cos k$

$\bigcirc = \pi$ ஆகையால் $l = l_2$

$\therefore\quad l_2 = \pi - 2e \sin k$

$\bigcirc = \frac{3\pi}{2}$, ஆகையால் $l = l_3$

$$\therefore \quad l_3 = \frac{3\pi}{2} + 2e \cos k$$

$$\bigcirc = 2\pi \text{ ஆகையால், } l = l_4$$

$$\therefore \quad l_4 = 2\pi + 2e \sin k.$$

$$\therefore \quad \text{இளவேனிற் காலம்} = \frac{(l_1 - l_0)\, y}{2\pi}$$

$$= \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} - 2e(\cos k + \sin k)\right] \text{நாட்கள்}$$

$$\therefore \quad \text{கோடை காலம்} = \frac{(l_2 - l_1)\, y}{2\pi}$$

$$= \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} - 2e(\sin k - \cos k)\right] \text{நாட்கள்}$$

$$\therefore \quad \text{இலையுதிர் காலம்} = \frac{(l_2 - l_1)\, y}{2\pi}$$

$$= \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} + 2e(\cos k + \sin k)\right] \text{நாட்கள்}$$

$$\therefore \quad \text{குளிர் காலம்} = \frac{(l_4 - l_3)\, y}{2\pi}$$

$$= \frac{y}{2\pi}\left[\frac{\pi}{2} + 2e(\sin k - \cos k)\right] \text{நாட்கள்.}$$

$y = 365{\cdot}2422$ நாட்கள்; $k = 283°$.

$e = {\cdot}01674$ எனக் கொள்வோம். பிரதியிட்டுக் கணக்கிடில்,

இளவேனிற் காலம்	= 92 நாட்கள்	20·2	மணிகள்
கோடை காலம்	= 93 நாட்கள்	14·4	மணிகள்
இலையுதிர் காலம்	= 89 நாட்கள்	18·7	மணிகள்
குளிர் காலம்	= 89 நாட்கள்	0·5	மணிகள்.

குறிப்பு: பூமியின் தென்னரைக் கோளப் பகுதியில் உள்ளவர்களுக்குப் பருவங்கள் முறையே இலையுதிர் காலம், குளிர் காலம், இளவேனிற் காலம், கோடை காலம் ஆக இருக்கும். வட பகுதி

யிலுள்ளவர்களுக்கு இளவேனிற் காலத்தில் பருவங்கள் தொடங்கு வதை மனதில் கொள்ள வேண்டும்.

144. பருவ மாற்றங்களுக்குக் காரணங்கள் (Causes for occurence of seasons)

பூமியின் நடுவரை தன் ஒழுக்கத்திற்கு ω° சாய்வில் அமை கிறது. அதன் சுழலச்சு வானவெளியில் ஆண்டு இயக்கத்தின் போது ஒரே திசையைக் குறிக்கும். ஆகையால் ஒவ்வொரு துருவ மும் ஆண்டின் சில பகுதிகளில் ஞாயிற்றை நோக்கியும், மற்ற காலங்களில் ஞாயிற்றுப் பார்வையிலிருந்து விலகியும் இருக்கும். ஆகையால், பூமிப் பரப்பில் ஒரே இடத்தில் வெவ்வேறு காலங்களில் வெவ்வேறு தட்ப வெப்பநிலை இருப்பதைக் காணலாம். ஆகையால் பருவ மாற்றங்கள் கீழ்க்காணும் காரணங்களால் ஏற்படுகின்றன.

(i) ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஓராண்டுக் காலத்தில் பூமியின் இயக்கம்.

(ii) பூமியின் சுழலச்சு அதன் ஒழுக்கத்திற்குச் சீரான சாய்வில் அமைந்திருப்பது.

பருவங்களில் வெப்பநிலை மாறுவது கீழ்க்காணும் மூன்று காரணங்களைப் பொருத்ததாகும்.

(i) ஞாயிறு அந்த இடத்தில் அன்று தொடுவானத்திற்கு மேல் நிலவும் மொத்த நேரம்.

(ii) ஞாயிறு அந்த இடத்தில் அன்று பெறும் மீப்பெரு கோண ஏற்றம்.

(iii) அன்று ஞாயிற்றுக்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள தூரம்.

முதல் காரணத்தின்படி ஒரு நாள் ஞாயிறு தொடுவானத்திற்கு மேல் நீண்டகாலம் நிலவுமானால், அன்று வெப்பம் அதிகமாக இருக்க வாய்ப்புண்டு.

மூன்றாவது காரணத்தின்படி பூமி ஞாயிற்றிற்கு அண்மை நிலையில் இருந்தால் அன்று வெப்பம் அதிகமாக இருக்க வாய்ப் புண்டு.

இரண்டாவது காரணத்தின்படி ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் பொழுது அதன் கோணவேற்றம் அதிகமாக இருந்தால் ஞாயிற்றின் கதிர்கள் அந்த இடத்தின்மேல் செங்குத்தாக விழும். அதனால்

வெப்ப மிகுதி ஏற்படும். ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது அதன் கோணவேற்றம் குறைவாக இருந்தால், பூமிப் பகுதிகளில் ஒளிக்கதிர்கள் பரவலாக விழும். வெப்ப ஒளிக்கதிர்கள் பூமிக்கு மேலுள்ள வளி மண்டலத்தில் அதிகத் தூரம் ஊடுருவ வேண்டு மாதலால் அந்த மண்டலத்தின் வெப்பக் கடத்தல் தன்மையாலும் கால நீடிப்பாலும் வெப்பம் குறைந்துவிடும். இத்தகைய காரணங் களால் உச்சி வட்டக் கோணவேற்றம் குறைந்துள்ள பகுதிகளில் வெப்பம் குறையும்.

பூமியின் வடபாதியில் எந்த ஓர் இடத்திலும் (i) கோடை காலத்தில் பகல்பொழுது இரவைவிட அதிகமாகும் (ii) ஞாயிறு அன்று உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது அதன் கோணவேற்றம் $90 - \phi + \delta$ ஆகும். கோடை காலத்தில் δ-ன் மதிப்பு மிகை யாகும். குளிர் காலத்தில் δ-ன் மதிப்பு குறையாகும். ஆகவே கோடைகாலத்தில் உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது கோண வேற்றம் அதிகமாகவும், குளிர்காலத்தில் கோணவேற்றம் குறைவாகவும் இருக்கிறது. ஆகவே கோடை காலத்தில் வெப்ப மிகுதியும், குளிர் காலத்தில் வெப்பக் குறைவும் ஏற்படுகிறது. ஆனால் மூன்ருவது காரணத்தால், அதாவது, பூமி ஞாயிற்றிலிருந்து கோடையில் மிகத் தொலைவில் இருப்பதால் வெப்பக் குறைவு ஏற்படும். எனினும் முதல் இரண்டு காரணங்களின் விளைவால் கோடை காலத்தில் வெப்பம் மிகுதியாகத்தான் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டான வினக்கள்

1. சராசரி ஞாயிற்று வழிநேரம் = $5^{ம.}\ 12^{நி.}\ 20^{வி.}$ (பி ப.). காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு = $5^{நி.}\ 25^{வி.}$. தோற்ற ஞாயிற்று வழி நேரத்தைக் கண்டுபிடி.
(செ. ப.)

E = தோ. ஞா. நேரம் — ச. ஞா. நேரம்.

∴ தோ. ஞா. நேரம் = ச. ஞா. நேரம் + E

$= 5^{ம.}\ 12^{நி.}\ 20^{வி.} + 5^{நி.}\ 25^{வி.}$

$= 5^{ம.}\ 17^{நி.}\ 45^{வி.}$ (பி. ப.).

2. ஓரிடத்தில் ஞாயிறு $5^{ம.}\ 59^{நி.}$ நேரத்தில் தோன்றுகிறது. அன்று காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு $4^{நி.}\ 9^{வி.}$ ஞாயிற்றின் மறைவு நேரத்தைக் கண்டுபிடி.

$$\text{காலை நேர அளவு} = 12^{\text{ம.}} - 5^{\text{ம.}}\ 59^{\text{நி.}}$$

$$= 6^{\text{ம.}}\ 1^{\text{நி.}}$$

ஞாயிற்றின் மறைவு நேரம் $y^{\text{ம.}}$ எனக் கொள்க.

$$\text{மாலை நேர அளவு} = y^{h}.$$

காலை நேர அளவு — மாலை நேர அளவு $= 2E$ எனக் கண்டோம்.

$$6^{\text{ம.}}\ 1^{\text{நி.}} - y^{\text{ம.}} = 2\,(4^{\text{நி.}}\ 9^{\text{வி.}})$$

$$y^{\text{ம.}} = 6^{\text{ம.}}\ 1^{\text{நி.}} - 8^{\text{நி.}}\ 18^{\text{வி.}}$$

$$= 5^{\text{ம.}}\ 52^{\text{நி.}}\ 42^{\text{வி.}}$$

3. புவியொழுக்கின் குவிமையப் பிறழ்வு பூச்சியமாகில், ω ஐ ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வாகக் கொண்டு; $\bigcirc$ ஐ ஞாயிற்றின் நெட்டாங்காகக் கொண்டு, காலச் சமன்பாடு,

$$\frac{720}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{(1 - \cos\omega) \cdot \tan\bigcirc}{1 + \cos\omega \cdot \tan^2\bigcirc}$$

நிமிடங்கள் எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

$E_1 = 0$ என்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

$$E = E_2 = \bigcirc - \alpha$$

$$\tan E = \tan(\bigcirc - \alpha).$$

$$\tan E = \frac{\tan\bigcirc - \tan\alpha}{1 + \tan\bigcirc \cdot \tan\alpha}$$

$\tan\alpha = \cos\omega \cdot \tan\bigcirc$ எனக் கண்டோம்.

பிரதியிடுகையில்,

$$\tan E = \frac{\tan\bigcirc - \cos\omega \cdot \tan\bigcirc}{1 + \cos\omega \cdot \tan^2\bigcirc}$$

$$= \frac{\tan\bigcirc\,(1 - \cos\omega)}{1 + \cos\omega \cdot \tan^2\bigcirc} \text{ ஆரையன்கள்}$$

$$E = \frac{180 \times 60}{\pi} \tan^{-1} \cdot \frac{\tan \bigcirc (1 - \cos \omega)}{1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc}$$ கலைகள்.

$$= \frac{180 \times 60}{15\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{\tan \bigcirc (1 - \cos \omega)}{1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc}$$ நிமிடங்கள்.

$$\therefore \quad E = \frac{720}{\pi} \cdot \tan^{-1} \frac{\tan \bigcirc (1 - \cos \omega)}{1 + \cos \omega \tan^2 \bigcirc}$$ நிமிடங்கள்.

4. E_2-ன் மதிப்பு தன் மீப்பெரு அல்லது மீச்சிறு மதிப்பைப் பெற வேண்டுமானால்,

$\tan \bigcirc = \sqrt{\sec \omega}$ என்றும்,

$\tan \alpha = \sqrt{\cos \omega}$ என்றும் நிறுவுக. (செ. ப.)

$$E_2 = \frac{\tan \bigcirc (1 - \cos \omega)}{1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc}$$ என 3-ம் கணக்கில் கண்டோம்.

$$\frac{dE_2}{d\bigcirc} = \frac{(1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc) \cdot (1 - \cos \omega) \cdot \sec^2 \bigcirc - \tan \bigcirc (1 - \cos \omega) \cos \omega \cdot 2 \tan \bigcirc \cdot \sec^2 \bigcirc}{(1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc)^2}$$

$\frac{dE_2}{d\bigcirc} = 0$ ஆகும்போது,

$$1 + \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc = 2 \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc$$

$$\therefore \quad \cos \omega \cdot \tan^2 \bigcirc = 1$$

$$\therefore \quad \tan \bigcirc = \sqrt{\sec \omega}$$

அப்பொழுது,

$$\tan \alpha = \cos \omega \cdot \tan \bigcirc$$

$$= \sqrt{\cos \omega}$$

பயிற்சி 14

1. காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு என்றால் என்ன? அது ஏற்படக் காரணங்கள் யாவை? (செ. ப.)

2. காலக்குறை நிறைச் சமன்பாட்டை நிறுவுக. மேலும் ஓராண்டில் நான்கு முறை அது பூச்சியமாகும் என நிறுவுக. (செ. ப.)

3. 'காலை, மாலை' என்பதை வரையறுக்கவும். காலை நேர அளவு—மாலை நேர அளவு $= 2E$ என நிறுவுக. (இங்கு E அன்றைய காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு எனக் கொள்ளவும்.)

4. தோற்ற ஞாயிற்று வழிநேரம் $= 10^{ம.}\ 4^{நி.}\ 15^{வி.}$ (மு. ப.) காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு $= -\ 12^{நி.}\ 30^{வி.}$ என்றால் சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்தைக் கண்டுபிடி.

5. குறிப்பிட்ட நாளன்று ஞாயிறு $6^{ம.}\ 54^{நி.}$ (மு.ப.)-க்குத் தோன்றுகிறது. $4^{ம.}\ 33^{நி.}$ (பி. ப.) நேர அளவில் மறைகிறது. அன்று காலக்குறை நிறைச் சமன்பாட்டைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

6. குறிப்பிட்ட நாளன்று ஞாயிறு $6^{ம.}\ 20^{நி.}$ நேர அளவில் தோன்றுகிறது. அன்று காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு $10^{நி.}\ 20^{வி.}$ ஆனால், ஞாயிற்றின் மறைவு நேரத்தைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

7. ஒரு குறிப்பிட்ட நாளன்று ஞாயிற்று நாழிகைக் கோலின் நேரம் கடிகாரத்தைவிட 10 நிமிடங்கள் முன்னால் இருந்தது. அன்று காலக்குறை நிறைச் சமன்பாட்டின் அளவைக் கண்டுபிடி. காலை, மாலைகளில் எது மிகுதியான காலத்தைப் பெற்றது எனக் கண்டுபிடி.

8. ஞாயிற்று ஒழுக்கின் சாய்வின் காரணமாக ஏற்படும் காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு மீப்பெரு மதிப்புப் பெறுகையில், ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் δ, $\cos\delta = \sqrt{\cos\omega}$ என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படும் என நிறுவுக. காலக்குறை நிறைச் சமன்பாட்டின் மீப்பெரு மதிப்பு $\sin(\odot - \alpha) = \tan^2\frac{\omega}{2}$ என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படும் எனக் காண்பி.

9. குவிமையப் பிறழ்வின் காரணமாக ஏற்படும் காலக்குறை நிறைச் சமன்பாட்டின் மீப்பெரு மதிப்பு $\frac{24e}{\pi}$ மணிகள் எனவும், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை சாய்ந்துள்ளதால் ஏற்படும் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாட்டின் மீப்பெரு மதிப்பு $\sin^{-1}\left(\tan^2 \frac{\omega}{2}\right)$ எனவும் காண்க. (செ. ப.)

10. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு காரணமாக ஏற்படும் காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு மீப்பெரு மதிப்புப் பெறுகையில் ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$, $\sin \bigcirc = \frac{1}{\sqrt{2}} \sec \frac{\omega}{2}$ என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது என நிரூபி.

11. ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $\bigcirc$ ஆனல்,

$$\cot E_2 = \cot 2 \bigcirc + \operatorname{cosec} 2 \bigcirc \cot^2 \frac{\omega}{2}$$ என நிறுவுக.

12. α, α' முறையே ஓரிடத்தில் தோற்ற ஞாயிற்றின் வழி நேரம், முறையே t, t' ஆக இருந்தால், முன்பும், பின்பும் உள்ள சராசரி நள்ளிரவில் காலக்குறை நிறைச் சமன்பாடு $\frac{\alpha t' - \alpha' t}{t' - t}$ எனவும், (செ. ப.)

$$\frac{\alpha (t' - 24) + \alpha' (24 - t)}{t' - t} - 24^h$$ எனவும் காண்பி.

13. ஒரு தருணத்தில் α, $\bigcirc$ முறையே உண்மை ஞாயிற்றின் வல ஏற்றமும், நெட்டாங்குமானல்,

$$\sin(\bigcirc - \alpha) = \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin(\bigcirc + \alpha)$$ எனக் கண்டுபிடி.

இதிலிருந்து $\bigcirc = \alpha + \tan^2 \frac{\omega}{2} \sin 2 \bigcirc$ எனக் காட்டுக.

14. 'பருவங்கள்' என்ருல் என்ன? அவை எவ்வாறு எதனுல் ஏற்படுகின்றன? அவற்றின் கால அளவுகளைக் கண்டுபிடி.

15. இளவேனிற் கால சம இரவுப் புள்ளியில் காலக் குறை நிறைச் சமன்மாடு — 7$^{நி.}$ 29$^{வி.}$ ஞாயிற்றின் கோடை காலத் திருப்ப நிலையில் — 1$^{நி.}$ 37$^{வி.}$. ஆண்டுக் காலத்தை 365·2422 நாட்கள் எனக் கொண்டு இளவேனிற் கால அளவை 92 நாட்கள் 19·2 மணிகள் எனக் காண்பி.

பஞ்சாங்கம்
(Calendar)

145. பல்வகையான ஆண்டுகள் (Different kinds of years)

(1) மீன்வழி ஆண்டு

ஞாயிறு தன் தோற்றப் பாதையில் ஒரு நிலையிலிருந்து புறப்பட்டு ஒருமுறைச் சுற்றி மீண்டும் அந் நிலைக்குத் திரும்பி வரும் வரையுள்ள காலத்தை மீன்வழி ஆண்டு என்று சொல்கிறோம். இதன் கால அளவு 365·2564 சராசரி ஞாயிற்று நாட்கள் ஆகும்.

(2) பருவ ஆண்டு (Tropical year)

ஞாயிறு மேட முதற் புள்ளியிலிருந்து புறப்பட்டு தன் ஒழுக்கில் சுற்றி வந்து மேட முதற் புள்ளியை அடையும் வரையுள்ள காலத்தைப் பருவ ஆண்டு என்று சொல்கிறோம். γ-ன் பின்னகர்ச்சிக் காரணமாக, பருவ ஆண்டின் காலம் மீன்வழி ஆண்டின் காலத்தைவிடக் குறைவானது. இதன் கால அளவு 365·2422 சராசரி ஞாயிற்று நாட்கள் ஆகும்.

(3) அண்மை நிலை ஆண்டு (Aonmalistic year)

ஞாயிறு தன் அண்மை நிலையிலிருந்து புறப்பட்டு, தன் ஒழுக்கில் சுற்றி வந்து மறுமுறை அந்த நிலையை அடையும் வரையுள்ள காலத்தை அண்மைநிலை ஆண்டு என்று சொல்கிறோம். அண்மை நிலைப் புள்ளி ஓராண்டிற்கு 11″·25 முற்போக்காகச் செல்வதால் அண்மை நிலை ஆண்டு, மீன்வழி ஆண்டைக் காட்டிலும் நீண்டது. இந்த ஆண்டின் கால அளவு 365·2596 சராசரி ஞாயிற்று நாட்கள்.

(4) நிர்வாக ஆண்டு (Civil year)

முற்கூறிய மூன்று ஆண்டுகளும் அன்றாட வாழ்க்கைக்கு உகந்தனவல்ல. ஏனெனில், அவற்றின் கால அளவு தசம பின்னத்துடன் இணைந்துள்ளது. இந்தச் சிக்கலை நீக்குவதற்கு நிர்வாக

ஆண்டு கொண்டுவரப்பட்டது. நிர்வாக ஆண்டின் அடிப்படை பருவ ஆண்டாகும். ஆனால், பருவங்கள் குறிப்பிட்ட மாதத்திலேயே நிகழும். நிர்வாக ஆண்டின் கால அளவை 365 சராசரி ஞாயிற்று நாட்கள் ஆகும். ஒவ்வொரு நான்காவது ஆண்டும் 366 நாட்கள் உடையதாக இருக்கும். இந்த ஆண்டை 'நெட்டாண்டு' (Leap year) என்று அழைக்கிறோம். இந்த நிர்வாக ஆண்டு சூலியஸ் சீசர் என்பவரால் ரோமாபுரி அரசாங்கத்தில் கொண்டு வரப்பட்டது. இவர் கி.மு. 45-ல் இந்தச் சீர்திருத்தத்தைக் கொண்டு வந்தார். இதன் அடிப்படையில் ஆண்டுப் பஞ்சாங்கம் கணிக்கப்பட்டது. சூலியன் பஞ்சாங்கத்தின்படி 4ஆல் வகுபடும் ஆண்டின் கால அளவு 366 நாட்களாகும்.

(5) கிரிகரியன் பஞ்சாங்கம் (Gregorian calendar)

சூலியன் பஞ்சாங்கத்தின்படி 400 நிர்வாக ஆண்டுகள் 400 பருவ ஆண்டுகளைவிட 3 நாள், 2 மணி, 53 நிமிடம் 30 விநாடிகள் அதிகமாகிறது. இதனைச் சீர்படுத்துவது அவசியமாயிற்று. கிரிகிரி என்ற போப்பாண்டவர் ஒரு திருத்தத்தைக் கொண்டுவந்தார். அதன்படி 100ஆல் வகுபடும் ஆண்டெண்ணிக்கை 400ஆல் வகுபட்டால் மட்டுமே அவ்வாண்டு நெட்டாண்டாகும். 100ஆல் வகுபட்டு, 400 ஆல் வகுபடாவிட்டால், நெட்டாண்டு ஆகாது. காட்டாக 1900 நெட்டாண்டல்ல. ஆனால் 2000 நெட்டாண்டாகும்.

(6) சூலியன் நாள் (Julian date)

1582 (கி. பி.)-ல் சுகாலிகர் என்ற விஞ்ஞானி வானியல் கணக்குகளுக்காக ஒரு புது முறையான கால அளவைக் கண்டு பிடித்தார். இக் கால அளவு 4713 (கி.மு.) ஆம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் முதல் தேதியில் நண்பகலிலிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது. சூலியன் ஆண்டிற்கு 365 நாட்கள் ஆகும். குறித்த நாளன்று சூலியன் தேதி என்னவென்றால், தொடக்கத் தேதியிலிருந்து எத்தனை சராசரி ஞாயிற்றுவழி நாட்கள் கடந்துள்ளதோ அதுவேயாகும். நாவிகப் பஞ்சாங்கம் சூலியன் தேதி விவரங்களைக் கொடுத்துள்ளது. சூலியன் தேதி கொடுக்கப்பட்டால் அன்றைய கிழமையைக் காணலாம். கொடுக்கப்பட்ட தேதியை 7ஆல் வகுத்து மீதி 0 ஆனால் திங்கட்கிழமையென்றும், மீதி 1 ஆனால் செவ்வாய்க் கிழமையென்றும், மீதி 6 ஆனால் ஞாயிற்றுக்கிழமை யென்றும் கூறலாம். ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளை (eclipses) கணக்கிடவும் மிகவும் பயன்படுகிறது.

ஆகவே சூலியன் நாட்களைக் கொண்டு அன்றைய கிழமையையும், ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளின் தேதிகளையும் எளிதில் அறியலாம். மறைப்பு, சூலியன் தேதி x ஆக இருக்கும் நாளில் ஏற்பட்டால், அதே மாதிரியான மறைப்பு $x + 6585$ சூலியன் தேதியன்று நிகழும்.

(7) பெசலியன் ஆண்டு (Besselian year)

பெசல் என்ற ஜெர்மன் விஞ்ஞானி பருவ ஆண்டு கணக்கிடும் முறையைப் புது வழியில் கணக்கிட்டார். இந்த முறையில் பருவ ஆண்டு சராசரி ஞாயிறு 280° வல ஏற்றத்தில் இருக்கும் பொழுது தொடங்கும். இந்தத் தருணம் தோராயமாக நிர்வாக ஆண்டுடன் இணைந்துள்ளது. இந்தஆண்டின் காலமும் பருவ ஆண்டின் காலமும் ஒன்றேதான். பெசலியன் ஆண்டை, ஆண்டு எண்ணிக்கைக்குப் பின் ·0 என்ற குறியீடு போடவேண்டும். 1968 நிர்வாக ஆண்டைப் பெசலியன் முறையில் 1968·0 எனக் குறிப்போம்.

நேர மாற்றங்கள்

(Conversion of time)

146. மீன்வழிக் காலத்திற்கும் சராசரி ஞாயிற்று வழிக் காலத்திற்குமுள்ள தொடர்பு (Relation between siderial and mean time)

$$\text{ஓர் ஆண்டு} = 365\tfrac{1}{4} \text{ சராசரி ஞாயிற்று வழி நாட்கள்}$$
$$= 366\tfrac{1}{4} \text{ மீன் வழி நாட்கள்}$$

$\therefore\ 365\frac{1}{4}$ சராசரி ஞாயிற்று நாட்கள் $= 366\frac{1}{4}$ மீன் வழி நாட்கள்.

147. சராசரி ஞாயிற்று வழிக் காலத்தை மீன் வழிக் காலமாக மாற்றுதல்

$$1 \text{ ச. ஞா. நாள்} = \left(1 + \frac{1}{365\frac{1}{4}}\right) \text{மீ. நாட்கள்.}$$
$$= (1 + E)$$
$$= (1 + 0{\cdot}002738) \text{ மீ. நாட்கள்}$$
$$= 1 \text{ மீ. நா.} + 4^{\text{நி.}} - 4^{\text{வி.}}$$

$$1 \text{ ச. ஞா. மணி} = 1 \text{ மீ. மணி} + 10^{\text{வி.}} - \frac{1}{6}^{\text{வி.}}$$

செய்முறை விதி

சராசரி ஞாயிற்றுக் காலத்திலிருந்து மீன்வழி காலம் காண ஒவ்வொரு மணிக்கும் 10 விநாடிகளைக் கூட்டு. ஒவ்வொரு 6 நிமிடங்களுக்கு 1 விநாடியைக் கூட்டுக. கூட்டிய ஒவ்வொரு நிமிடத்திற்கும் 1 விநாடியைக் கழி. பெறப்படும் விடை மீன்வழி அளவையில் கொடுக்கப்பட்ட சராசரி ஞாயிறு வழிக் காலமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு

$16^{ம.}\ 18^{நி.}\ 24^{வி.}$ ச. ஞா. காலத்தை மீன்வழிக் காலமாகக் காண்க.

16 மணிக்குக் கூட்டவேண்டியது $= 2^{நி.}\ 40^{வி.}$

18 நிமிடங்களுக்குக் கூட்ட வேண்டியது $= 3^{வி.}$

மொத்தம் கூட்ட வேண்டியது $= 2^{நி.}\ 43^{வி.}$

கழிக்க வேண்டியது $= 3^{வி.}$

நிகரம் கூட்ட வேண்டியது $= 2^{நி.}\ 40^{வி.}$

$\therefore$ மீ. காலம் $= 16^{ம.}\ 18^{நி.}\ 24^{வி.} + 2^{நி.}\ 40^{வி.}$

$= 16^{ம.}\ 21^{நி.}\ 4^{வி.}$

148. மீன்வழிக் காலத்தைச் சராசரி ஞாயிற்று வழிக் காலமாக மாற்றுதல்

$$1 \text{ மீ. நாள்} = \left(1 - \frac{1}{366\frac{1}{4}}\right) \text{ ச. ஞா. நாள்}$$

$$= (1 - E')$$

$$= (1 - 0{\cdot}00273) \text{ ச. ஞா. நாள்}$$

$$= 1 \text{ ச. ஞா. நா.} - 4^{நி.} + 4^{வி.}$$

$$\therefore\ 1 \text{ மீ. மணி} = 1 \text{ ச. ஞா. மணி} - 10^{வி.} + \frac{1}{6} \text{ வி.}$$

செய்முறை விதி

ஒவ்வொரு மணிக்கும் 10 விநாடிகளைக் கழிக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு 6 நிமிடங்களுக்கும் ஒரு விநாடியை மீண்டும் கழிக்க வேண்டும். மொத்தம் எவ்வளவு கழிப்பதோ அதில் $\frac{1}{60}$ பகுதியைக் கூட்டவேண்டும். பெறப்படும் விடைதான் ச. ஞா. காலமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு

$16^{ம.}\ 21^{நி.}\ 4^{வி.}$ மீன்வழிக் காலத்திற்குச் சரியான சராசரி ஞாயிற்று வழிக் காலத்தைக் காண்க.

16 மணிக்குக் கழிக்க வேண்டியது $= 160^{வி}$

21 நிமிடங்களுக்கு கழிக்க வேண்டியது $= 3{\cdot}5^{வி.}$

மொத்தம் கழிக்க வேண்டியது $= 163{\cdot}5^{வி.}$

கூட்ட வேண்டியது $= 3{\cdot}5^{வி.}$

நிகரம், கழிக்க வேண்டியது $= 160{\cdot}5^{வி.}$

$= 2^{நி.}\ 40{\cdot}5^{வி.}$

ச. ஞா. காலம் $= 16^{ம.}\ 21^{நி.}\ 4^{வி.} - 2^{நி.}\ 40{\cdot}5^{வி.}$

$= 16^{ம.}\ 18^{நி.}\ 23{\cdot}5^{வி.}$

149. குறிப்புகள்

(i) எந்த ஒரு தருணத்திலும் மீன்வழி நேரம், மீன்வழி அளவையில் கணக்கிடப்படும். இது மீன்வழி நண்பகலிலிருந்து கணக்கிடப்படும்.

(ii) எந்த ஒரு தருணத்திலும் சராசரி ஞாயிற்று வழிநேரம், சராசரி ஞாயிற்று வழி அளவையில் அளக்கப்படும். இது சராசரி நள்ளிரவிலிருந்து கணக்கிடப்படும்.

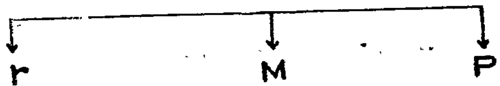
(iii) மேற்கூறிய நேரங்களை மேற்கூறிய விதத்தில் காண்பது மரபாகும் (convention). சராசரி நள்ளிரவின் மீன்வழி நேரமும்

மீன்வழி நண்பகலின் சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரமும், ஒவ்வொரு ஆண்டிலும் தினந்தோறும் கிரீன்விச் (பூமியில் பூச்சியம் மதிப்புள்ள நெட்டாங்கை உடைய இடம்) என்ற இடத்திற்கு நாவிகப் பஞ்சாங்கம் கொடுக்கப்பட்டு இருக்கிறது. அப்பஞ்சாங்கக் குறிப்புகள் கொண்டு பூமியில் எந்த நெட்டாங்குள்ள இடத்திற்கும், சராசரி ஞாயிற்றுவழி நேரத்தை மீன் வழி நேரமாகவும் எதிர் மாறாகவும் மாற்ற முடியும்.

(iv) சராசரி நள்ளிரவுக்குரிய மீன்வழி நேரம் (S_m) ஆக இருக்கட்டும். γ-ன் நண்பகலுக்குரிய சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரம் (M_s) ஆக இருக்கட்டும்.

நமக்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள தருணத்தில்,

சராசரி ஞாயிற்று வழிநேரம் = m ஆகட்டும்



படம் 104.

படம் 104-ல், $MP = m$ (ச. ஞா. அலகு)

$= m(1 + E)$ [மீ. வ. அலகு]

$\gamma M = S_m$ (மீ. வ. அலகு)

$= \gamma M + MP$

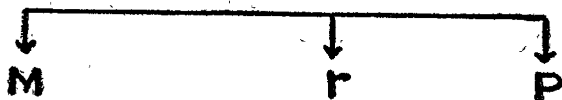
$= S_m + m(1 + E)$ [மீ. வ. அலகு]

ஆகவே, ஒரு தருணத்தில், ச. ஞா. நேரம் m ஆக இருக்கும் பொழுது, கிரீன்விச் மீன்வழி நேரம்

$= S_m + m(1 + E)$ [மீ. வ. அலகு]

(5) கிரீன்விச்சில் மீன்வழி நேரத்திற்குரிய ச. ஞா. நேரம் காணல் (To find at Greenwich the mean time corresponding to a given sidereal time)

குறிப்பிட்ட மீன்வழி நேரம் = s எனக் கொள்க. ms, மீன்வழி நண்பகலுக்குரிய ச. ஞா. நேரம் (நாவிகப் பஞ்சாங்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)



படம் 105.

படம் 105-ல் $\gamma P = s$ (மீ. வ. அலகு)

$M\gamma = m_s$ (ச. ஞா. வ. அலகு)

P-க்குரிய ச. ஞா. வழிநேரம் $= MP$

$= M\gamma$ (ச. ஞா. அலகு) $+ \gamma P$ (ச. நா. அலகு)

$= m_s + S(1 - E')$

இங்கு $E' = (0{\cdot}0027302$ ஆகும்)

(6) இந்த முறைகளை விரிவுபடுத்தினால், எந்த இடத்திற்கும் இம் மாற்றத்தைச் செய்யலாம். அதற்குத் தேவைப்படும் விதிகளாவன :

கிரீன்விச் மீ. வ. நேரம் $= s$.

$l°$ கிழக்கு நெட்டாங்குள்ள இடத்தில்

$$\text{மீ. வ. நேரம்} = \left(s + \frac{l}{15}\right)$$

$l°$ மேற்கு நெட்டாங்குள்ள இடத்தில்

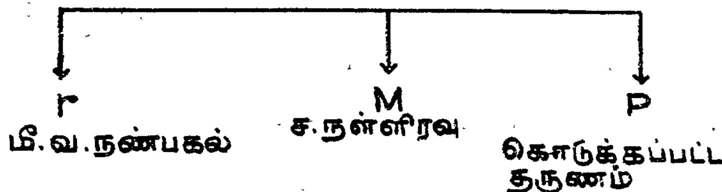
$$\text{மீ. வ. நேரம்} = \left(s - \frac{l}{15}\right)$$

இந்த விதி ச. ஞா. நேரத்திற்கும் பொருந்தும்.

(7) இந்திய நியம நேரம் (Indian standard time) வேண்டுமென்றால், கிரீன்விச் ச. ஞா. வழி நேரத்தோடு $5^{ம.}\ 30^{நி.}$ கூட்ட வேண்டும். கிரீன்விச் நேரம் = இ. நி. நே. — $5^{ம.}\ 30^{நி.}$

எடுத்துக்காட்டான வினக்கள்

1. ஒரு குறிப்பிட்ட தேதியன்று கிரீன்விச்சில் சா. ஞா. வழி நேரம் $10^{ம.}\ 13^{நி.}\ 40^{வி.}$ (மு. ப.) ஆக இருக்கும்பொழுது அந்த நேரத்தில் மீ. வ. நேரத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும். சராசரி நள்ளிரவின் மீ. வ. நேரம் $5^{ம.}\ 15^{நி.}\ 42^{வி.}$ எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 106.

படம் 106-ல்,

$MP = 10^{ம.}\ 13^{நி.}\ 40^{வி.}$ (ச. ஞா. வழி நேரம்) மீன்வழி அலகில் மாற்ற,

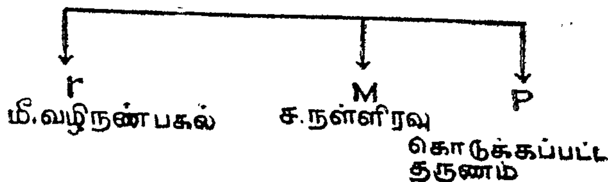
$$MP = 10^{ம.}\ 13^{நி.}\ 40^{வி.} + 1^{நி}\ 40^{வி.} + 2^{வி.} - 2^{வி.}$$

$$= 10^{ம.}\ 15^{நி.}\ 20^{வி.}\ \text{(மீ. வ. நேரம்)}$$

$$\Upsilon M = 5^{ம.}\ 15^{நி.}\ 42^{வி.}\ \text{(மீ. வ. நேரம்)}$$

கொடுக்கப்பட்ட தருணத்தின் மீ. வ. நேரம் $= 15^{ம.}\ 31^{நி.}\ 2^{வி.}$

2. கிரீன்விச்சில் ஒரு தருணத்தில் மீ. வ. நேரம் $16^{ம}\ 11^{நி.}\ 47^{வி.}$ ஆகும். அந்தத் தருணத்தின் ச. ஞா. வழி நேரத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும். சராசரி நள்ளிரவின் மீன்வழி நேரம் $14^{ம.}\ 40^{நி.}\ 16^{வி.}$ எனக் கொள்க.



படம் 107.

படம் 107-ல்,

$$\gamma P = 16^{ம} \ 11^{நி.} \ 47^{வி.} \text{ (மீ. வ. நேரம்)}$$

$$\gamma M = 14^{ம.} \ 50^{நி.} \ 51^{வி.} \text{ (மீ. வ. நேரம்)}$$

$$MP = 1^{ம.} \ 20^{நி.} \ 56^{வி.} \text{ (மீ. வ. நேரம்)}$$

ச. ஞா. வழி அலகில் மாற்றிட,

$$MP = 1^{ம.} \ 20^{நி.} \ 56^{வி.} - 10^{வி.} - 3^{வி} + 0^{வி.}$$

$$= 1^{ம.} \ 20^{நி.} \ 43^{வி.}$$

கொடுக்கப்பட்ட தருணத்தில் ச. ஞா. வ. நேரம்

$$= 1^{ம.} \ 20^{நி.} \ 43^{வி}$$

3. ஏப்ரல் 18-ம் தேதி பூமியில் 49° கி. நெட்டாங்குள்ள இடத்தில் ச. ஞா. வ. நேரம் $5^{ம} \ 6^{நி.} \ 18^{வி.}$ (பி. ப.) மீன் வழி நேரத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

கிரீன்விச்சில் சராசரி நண்பகலில் சராசரி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் $1^{ம.} \ 45^{நி.} \ 23{\cdot}89^{வி.}$ எனக் கொள்க.

அந்த இடத்தில் ச. ஞா. வ. நேரம் = $5^{ம.} \ 6^{நி} \ 18^{வி.}$ (பி. ப.)

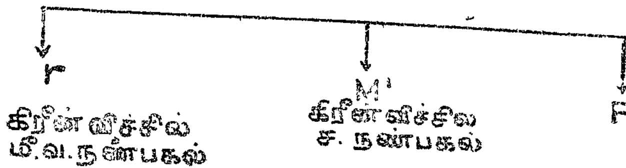
இடத்தின் நெட்டாங்கு = 49° கி.

நெட்டாங்குக்குச் சமமான கால அளவை = $3^{ம} \ 16^{நி.}$

கிரீன்விச் ச. ஞா. நேரம் = இடத்தின் ச. ஞா. நேரம் — நெட்டாங்கின் கால அளவை.

$$= 5^{ம.} \ 6^{நி.} \ 18^{வி.} - 3^{ம.} \ 16^{நி.}$$

$$= 1^{ம.} \ 50^{நி.} \ 18^{வி.} \text{ (பி. ப.)}$$



படம் 108.

படம் 108-ல்,

கிரீன்விச் ச. ஞா. நேரம் = $1^{ம.} \ 50^{நி.} \ 18^{வி.}$ (பி. ப.)

கிரீன்விச்சில் ச. நண்பகலின்போது ச. ஞா. வல ஏற்றம்

$$= \text{ச. நண்பகலின் மீ. வ. நேரம்.}$$

$$= 1^{ம.}\ 45^{நி.}\ 23^{வி.}\cdot 89 \text{ (மீ. வ. அலகு)}$$

$$M'P = 1^{ம.}\ 50^{நி.}\ 18^{வி.} \text{ (ச. ஞா. அலகு)}$$

ச. ஞா. அலகை மீ. வ. அலகாக மாற்ற

$$M'P = 1^{ம.}\ 50^{நி.}\ 36^{வி.} \text{ (மீ. வ. அலகு)}$$

$$\gamma P = \gamma M' + M'P.$$

$$= 1^{ம.}\ 45^{நி.}\ 23^{வி.}\cdot 89 + 1^{ம.}\ 50^{நி.}\ 36^{வி.}$$

$$= 3^{ம.}\ 35^{நி.}\ 59^{வி.}\cdot 89$$

நமக்கு வேண்டிய மீன்வழி நேரம்

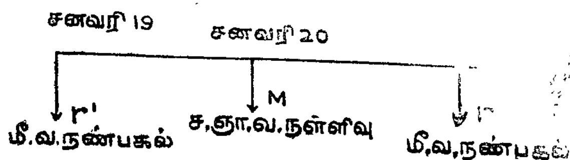
$$= 3^{ம.}\ 35^{நி.}\ 59^{வி.}\cdot 89 + 3^{ம.}\ 16^{நி.}$$

$$= 6^{ம.}\ 51^{நி.}\ 59^{வி.}\cdot 89 \text{ (மீ. வ. அலகுகள்.)}$$

4. 1944-ம் ஆண்டு சனவரி 20-ம் தேதி சென்னையில் போலக்சு என்ற விண்மீன் (வ. ஏற்றம் $7^{ம.}\ 41^{நி.}\ 17^{வி.}$) மேலுச்சிப் புள்ளியைக் கடக்கும் நேரத்தை இந்திய நியமக நேரத்தில் கணக்கிடுக.

கிரீன்விச்சில் சனவரி 19-ம் தேதி γ மேலுச்சிப் புள்ளியைக் கடக்கும்பொழுது கிரீன்விச் ச. ஞா. நேரம் $= 16^{ம.}\ 6^{நி.}\ 36^{வி.}$

கிரீன்விச்சில் சனவரி 20-ம் தேதி γ மேலுச்சிப் புள்ளியைக் கடக்கும்பொழுது கிரீன்விச் ச. ஞா. நேரம் $= 16^{ம.}\ 2^{நி.}\ 38^{வி.}$



படம் 109.

(குறிப்பு : மேற்கண்ட படம் எப்பொழுதுமே கிரீன்விச்சைப் பொருத்தது.)

சென்னையில் போலக்சு உச்சியைக் கடக்கும் பொழுது சென்னை மீ. வ. நேரம் = போலச்சின் வ. ஏ.

$$= 7^{ம.}\ 41^{நி.}\ 17^{வி.}$$

சென்னையில் போலக்சு உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது சென்னை மீ. வ. நேரம் ($\gamma\ P$),

$$= 7^{ம.}\ 41^{நி.}\ 17^{வி.} - 5^{ம.}\ 30^{நி.}\ 39^{வி.}\cdot 12$$

$$= 2^{ம.}\ 20^{நி.}\ 17\cdot 88^{வி.}\ (\text{மீ. வ.}).$$

ச. ஞ. வ. அலகுகளில் மாற்ற

$$\gamma P = 2^{ம.}\ 20^{நி.}\ 17^{வி.}\ 88 - 23^{வி.}$$

$$= 2^{ம.}\ 19^{நி.}\ 54^{வி.}\cdot 81\ (\text{ச. ஞா. அலகு}).$$

20-ம் தேதி கிரீன்விச்சில் γ உச்சியைக் கடக்கையில் கிரீன்விச் ச. ஞா. நேரம்,

$$(M\gamma) = 16^{ம.}\ 2^{நி.}\ 38^{வி.}\ (\text{ச. ஞா. அலகு})$$

சென்னையில் கிரீன்விச்சில் ச. ஞா. நேரம்

$$(MP) = M\gamma + \gamma P\ (\text{ச. ஞா. அலகில்})$$

$$= 16^{ம.}\ 2^{நி.}\ 38^{வி.} + 2^{ம.}\ 19^{நி.}\ 54^{வி.}\cdot 81$$

$$= 18^{ம.}\ 22^{நி.}\ 32^{வி.}\cdot 88$$

∴ இந்திய நியம நேரம் IST

$$= 18^{ம.}\ 22^{நி.}\ 32^{வி.}\ \cdot 88 + 5^{ம.}\ 30^{வி.}$$

$$= 23^{ம.}\ 52^{நி.}\ 32^{வி.}\ \cdot 88$$

பயிற்சி 15

1. சராசரி ஞாயிற்று வழி நேர அலகுகளை மீன்வழி நேர அலகுகளாக மாற்றப் பயன்படும் நடைமுறை விதிகளை நிறுவுக. எதிர் மாற்று முறையையும் நிறுவுக.

2. 1931-ம் ஆண்டு பிப்ரவரி 24-ம் தேதி கிரீன்விச்சில் ச. ஞா. நேரம் 8ம. 47நி. 38வி. அந்த நாளன்றே கிரீன்விச்சில் சராசரி நள்ளிரவின் மீ. வ. நேரம் 10ம. 11நி. 37வி. ·67 என்றால், கிரீன்விச்சில் மீ. வ. நேரமென்ன ?

3. 1932-ம் ஆண்டு மார்ச்சு 20-ம் தேதி 3ம. 42நி. 35வி.-க்குச் சரியான மீன்வழி நேரத்தைக் கிரீன்விச்சைப் பொறுத்துக் கண்டுபிடி. கிரீன்விச்சில் மார்ச்சு 19-ம் தேதியன்று மீ. வ. நண்பகலின் ச. ஞா. வழிநேரம் 14ம. 35நி. 40வி. என்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

4. விண்மீனின் (அண்டராசு) வல ஏற்றம் 16ம. 24நி. 48வி. பின்வரும் பதிவுகளைக் கொண்டு மே மாதம் முதல் தேதியன்று அது சென்னையில் உச்சியைக் கடக்கும் ஊர்ப் பொழுதைக் காண்க. (செ. ப.)

பதிவுகள் :

சென்னையின் நெட்டாங்கு : 5ம. 20நி. 59வி. ·6(கிழக்கு)
ஏப்ரல் 30-ம் தேதி

கிரீன்விச் மீ. வ. நண்பகல் நேரம் = 9ம. 28நி. 46வி. (ச. ஞா.)

5. ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் 19ம. 43நி 51வி. சற்று முந்தைய ச. ஞா. நண்பகல் நேரம் 0ம. 6நி. 40வி (மீ. வ.) அம் மீன் உச்சியைக் கடக்கும் ஊர்ப் பொழுதைக் காண்க. (அ. ப.)

6. கிரின்விச்சில் மீ. வ. நேரம் 11ம. 35நி. 42வி. பின்வரும் பதிவைக் கொண்டு. அதற்குச் சரியான ச. ஞா. நேரம் காண்க. சனவரி 18-ம் தேதி ச.ஞா. நேரம் 16ம. 29நி. 47வி. -க்கு அங்கு γ உச்சியைக் கடந்தது. (அ. ப.)

7. பின் கொடுக்கப்படும் பதிவைக் கொண்டு ஓரிடத்தில் 10ம. 20 நிமிடத்திற்குச் சரியான ச.ஞா. நேரம் காண்க. முந்தைய ச. ஞா. நள்ளிரவின் மீ. வ. நேரம் 3ம. 5நி.

8. பின் கொடுக்கப்படும் பதிவுகளைக் கொண்டு ஓரிடத்தின் மீன்வழி நேரம் 14ம. 30நி. -க்குச் சரியான ச. ஞா. நேரம் காண்க. முந்தைய ச. ஞா. நள்ளிரவின் மீன்வழி நேரம் 5ம. 15நி. (செ. ப.)

9. சென்னையில் கி. நெட்டாங்கு 80° 14′ 19″. செப்டெம்பர் முதல் தேதி கிரீன்விச்சில் ச. ஞா. நள்ளிரவின்போது மீ.வ. நேரம் 22ம. 38நி. 48வி. அன்று சென்னை ச. ஞா. நேரம் முற்பகல் 8ம. 35 நிமிடத்திற்குச் சரியான, சென்னை மீ. வ. நேரம் காண்க.

10. சென்னையில் கிழக்கு நெட்டாங்கு 5ம. 21நி. ஏப்ரல் முதல் தேதி கிரீன்விச்சில் ச. ஞா. நள்ளிரவின் போது மீன் வழி

நேரம் 0ம. 38நி. 53வி. அன்று சென்னை ச. ஞா. நேரம் முற்பகல் 7ம. 30நி. -க்குச் சரியான மீன்வழி நேரம் காண்க. (செ. ப.)

11. ஏப்ரல் முதல் தேதி ச. ஞா. நள்ளிரவுக்குச் சரியான கிரீன்விச் மீ. வ. நேரம் 0ம. 42நி. 7வி. சென்னையின் நெட்டாங்கு 5ம. 30நி. 59வி. (கிழக்கு). ஏப்ரல் 2-ம் தேதி இரவு 9ம 45நி.-க்குச் சரியான மீ. வ. நேரமும் இ. நி. நேரமும் காண்க.

12. நியூயார்க்கில் அக்டோபர் 31-ம் தேதி ச. ஞா. நள்ளிரவுக்குச் சரியான மீ. வ. நேரம் 22ம. 30நி. 20வி. அவ்விடத்தின் மேற்கு நெட்டாங்கு 74° அவ்விடத்தின் காலை ச. ஞா. நேரம் 9ம. 30நி.-க்குச் சரியான மீ. வ. நேரம் காண்க. (செ. ப.)

13. திருவனந்தபுரத்தில் ஒரு நாளன்று முற்பகல் 10 மணி 30 நிமிடத்திற்குச் சரியான மீன்வழி நேரத்தைப் பின் கொடுக்கப் பட்டிருக்கும் பதிவுகளைக் கொண்டு காணவும். அன்று கிரீன் விச்சில் சராசரி நள்ளிரவின் மீ. வ. நேரம் 4ம. 3நி. 10வி. திருவனந்த புரத்தின் நெட்டாங்கு 5ம. 7நி. 59வி. (கிழக்கு) (தி. ப.)

14. ஒரு குறிப்பிட்ட நாளன்று கிரீன்விச்சில் ச. நண்பகலின் மீ. வ. நேரம் 18ம. 5நி. 22வி. அன்று உதக மண்டலத்தில் இ. நி. நேரம் பிற்பகல் 8 மணிக்குச் சரியான மீ. வ. நேரத்தைக் கண்டு பிடி. உதகமண்டலத்தின் நெட்டாங்கு 75° 46′ (கிழக்கு.) (செ.ப.)

12. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையைக் குறித்தல்

(Fixing the ecliptic)

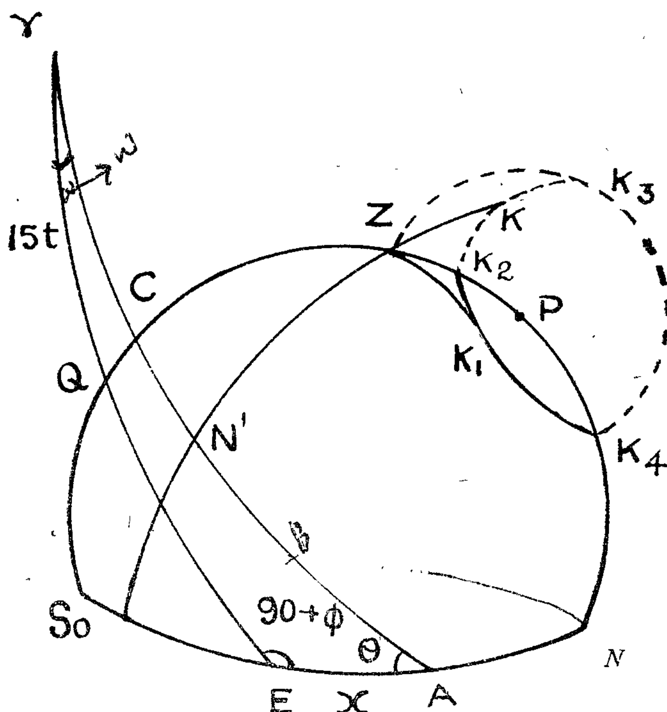
150. வானக் கோளத்தின் மேல் வான நடுவரைக்கு ω° சாய்வில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை இருப்பதை நாம் கண்டோம். வான நடுவரையும், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையும் இரண்டு புள்ளிகளில் வெட்டிக் கொள்கின்றன. அவை ♈ (மேட முதற் புள்ளி) ♎ (துலா முதற் புள்ளி) ஆகும். ♈-ம், ♎-ம் வான நடுவரை மேல் 'விண்மீன் நாள்' ஒன்றுக்கு ஒரு முழுச்சுற்று (தோற்றம்) சுற்றிக் கொண்டிருப்பதால், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் இருப்பிடத்தைக் குறிப்பது அவசியமாகிறது.

151. ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் வானக் கோளத்தின் மேல் அமையும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் இருப்பிடத்தைக் காணுதல்

குறிப்பிட்ட தருணத்தில் மீன்வழி நேரம் 't' எனக் கொள்வோம். அந்த நேரத்தில் ΥCA, வானக் கோளத்தின் மேல் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையாக இருக்கட்டும். (புள்ளி ♈ உச்சி வட்டத்திற்குப் பின் பக்கத்தில் இருக்கும். பார்வைக்கு எளிதாக இருக்கும் பொருட்டு அதைப் படத்தில் காட்டியபடி வரைந்துள்ளோம்). அந்த இடத்தின் அகலாங்கு 'ϕ' ஆக இருக்கட்டும். ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை கிழக்குத் தொடுவானத்தை A என்ற புள்ளியிலும், மேற்குத் தொடுவானத்தை B என்ற புள்ளியிலும் வெட்டட்டும். A ஐ ஏறு புள்ளி (ascending point) என்றும், B ஐ இறங்கு புள்ளி (descending point) என்றும் குறிப்பிடுகிறோம்.

(B படத்தில் காட்டப்படவில்லை) வான நடுவரை உச்சி வட்டத்தை Q என்ற புள்ளியில் வெட்டட்டும். ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதை உச்சி வட்டத்தை C என்ற புள்ளியில் வெட்

டட்டும். C ஐ உச்சிக் கடத்தற் புள்ளி (culminating point) எனச் சொல்கிறோம்.



படம் 110.

அந்தத் தருணத்தில் γ-ன் நேரக் கோணமானது γQ ஆகும். ∴ $\gamma Q = 15t$ ஆகும். ஏறு புள்ளிக்கும் தொடுவானத்திலுள்ள கிழக்குப் புள்ளிக்குமிடையேயுள்ள தூரம் x என்க. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கும் தொடுவானத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தை 'θ' என்க. $\gamma \hat{A} E = \theta$, x, θ ஆகியவைகளின் மதிப்புத் தெரிந்தால் அந்தத் தருணத்தில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையைக் குறித்துவிடலாம்.

x ஐக் கண்டுபிடித்தல்

γEA என்ற கோள முக்கோணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம்.

இதில்,

$$\Upsilon E = \Upsilon Q + QE = 15t + 90^\circ = 90^\circ + 15t$$

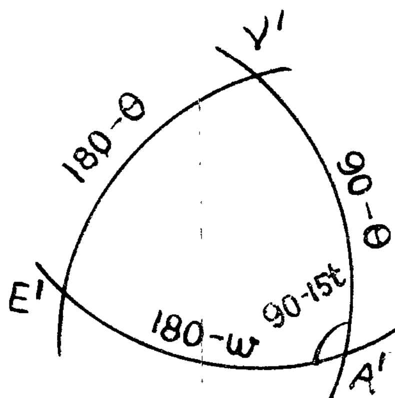
$$\Upsilon EA = QZ + ZN = 90^\circ + \varphi \ ; \ EA = x \ ; \ E\hat{A}\Upsilon = \phi, \ E\hat{\Upsilon}A = \omega$$

$$\cos \Upsilon E \cos (90^\circ + \phi) = \sin \Upsilon E \cot x - \cos\phi \cot \omega$$

(அ-து) $\sin 15t \sin\phi = \cos 15t \cot x - \cos\phi \cot\omega$

ϕ, t, ω தெரியுமாதலால், x-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

151·1 கோணம் 'θ' ஐக் கண்டுபிடித்தல்



படம் 111.

படம் 111-ல் $\Upsilon' E' A'$ என்ற கோள முக்கோணம் ΥEA என்ற கோள முக்கோணத்தின் துருவ முக்கோணமாகும். அப்பொழுது

$$\cos \Upsilon' E' = \cos \Upsilon' A' \cos E' A' + \sin \Upsilon' A' \, . \sin E' A' \cos \Upsilon' A' E'$$

(அ-து) $\cos (180^\circ - \theta) = \cos (90^\circ - \phi) \cos (180^\circ - \omega)$
$\qquad + \sin (90^\circ - \phi) \sin (180^\circ - \omega) \cos (90^\circ - 15t)$

$$-\cos \theta = - \sin \phi \cos \omega + \cos \phi \sin \omega \sin 15t$$

இந்தச் சமன்பாட்டிலிருந்து, ϕ, ω, t தெரிந்திருப்பதால், θ-ன் மதிப்பைக் காண முடியும்.

151·2. உச்சிக் கடத்தற் புள்ளி (C) ஐக் குறித்தல்

ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதை உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் புள்ளியை உச்சிக் கடத்தற் புள்ளி (C) எனக் குறிக்கிறோம். அந்தக் புள்ளியையும், A ஐயும் குறித்தால் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையை வரைய முடியும்.



கோள முக்கோணம் γQC-ல்,

$$\sin \gamma Q \sin 15t = \tan QC \cot \omega$$

QC-ன் மதிப்பைப் பெறலாம்.

$$C\text{-ன் உச்சித் தூரம்} = ZC$$
$$= ZQ - QC$$
$$= \phi - QC$$

ϕ தெரிந்துள்ளதால், $\phi - QC$ தெரியவரும். அப்போது EC-ன் மதிப்புத் தெரியவரும். C ஐக் குறித்துவிடலாம். ஆகவே x, θ-ன் நிலை ஆகியவைகளைக் கொண்டு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையைக் குறிக்கமுடியும்.

152. ஒரு நாள் பொழுதில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் நிலை மாறுதல்களைக் காணல் (To trace the variations in the position of the ecliptic in the course of the day)

ஓரிடத்தில் அகலாங்கு ϕ, $(90° - \omega)$-க்குக் குறைவாக இருக்கட்டும். $[\phi < 90° - \omega]$ அதாவது அந்த இடம் வெப்ப மண்டலத்திலோ அல்லது மித வெப்ப மண்டலத்திலோ இருக்கும். அகலாங்கின் நிரப்பி ω-ஐ விடப் பெரிதாக இருக்கும் K என்பது ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் துருவமாக இருக்கட்டும். K-ன் தினசரிப் பாதை P ஐச் சுற்றி $\omega°$ கோண ஆரமுள்ள சிறு வட்டமாக இருக்கும். அப்பாதை உச்சி வட்டத்தை நேருச்சிப் புள்ளிக்கும் வட துருவத்திற்கும் இடையில் கடக்கும். உச்சி வட்டத்தின் துருவம் E. ZK-ன் துருவம் A.

$\therefore \quad x = EA$

$= $ உச்சி வட்டத்திற்கும்

ZK-க்கும் இடையே உள்ள கோணம்.

= கோணம் PZK.

= K-ன் திசை வில்.

ZK, ZK_3 என்பவை இரண்டு நிலைக்குத்து வட்டங்களாக இருக்கட்டும். அவை K-ன் தினசரிப் பாதையை K_1, K_3களில் தொடட்டும். K-ன் திசைவில் K-லும், K_3-லும் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்.

கோள முக்கோணம் ZPK_1-ல் கோணம் $ZK_1P = 90°$. நேப்பியர் வாய்பாட்டின்படி

$$\sin \omega = \cos \phi \sin \hat{PZK}.$$

$$\therefore \sin \hat{PZK_1} = \frac{\sin \omega}{\cos \phi} = \sin \omega \sec \varphi.$$

$$\therefore PZK = \sin^{-1} (\sin \omega \sec \phi)$$

$\therefore$ x-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $= \sin^{-1} (\sin \omega \sec \phi)$. மேலும் K, K_2 உடன் இணையும் பொழுதும் K_4 உடன் இணையும் பொழுதும், K-ன் திசைவில் $= 0$. அந்தத் தருணங்களில், A, E என்ற கிழக்குப் புள்ளியுடன் இணையும். K, K_3-ல் உள்ளபொழுது, A, E-லிருந்து வடதிசையில் மீப்பெரு தூரத்திலிருக்கும். K_3, K_1 உடன் இணையும் பொழுது A, E-லிருந்து தென் திசையில் மீப்பெரு தூரத்தில் அமையும்.

மேற்புள்ளியிலிருந்து (ம-லிருந்து) இறங்கு புள்ளி B-ன் தூரத்தில் மாறுதல்கள், E-லிருந்து A-ன் மாறுதல்களைப்போல் எதிர்த் திசையில் நிகழுபவையாகும்.

ஆகவே ஒருநாள் பொழுதில், வெப்ப மண்டலம், மித வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில், ஏறு, இறங்கு புள்ளிகள் முறையே கிழக்கு மேற்குப் புள்ளிகளிலிருந்து $\sin^{-1} (\sin \omega \sec \phi)$ தூரத்திற்கு ஊசலாடும்.

மேலும் ZPK_1, என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos \hat{ZPK_1} = \tan PK_1 . \cot ZP.$$

$$= \tan \omega \cot (90° - \phi)$$

$$= \tan \omega \tan \phi.$$

மேலும், $Z\hat{P}K_1 = Z\hat{P}K_3$

ஆகவே, K, K_1-லிருந்து K_3-க்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் $\frac{2}{15}\cos^{-1}(\tan\omega\tan\phi)$ மணிகள் ஆகும். அதாவது, ஏறு புள்ளி தொடு வானத்தின்மேல் தென் கடைநிலையிலிருந்து வட கடைநிலைக்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் $\frac{2}{15}\cos^{-1}$ $(\tan\omega\tan\phi)$ மணிகள் ஆகும்.

153. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை தொடு வானத்திற்குச் சாய்ந்திருக்கும் கோண அளவு 'θ'-ல் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் கணித்தல் (To trace the changes in the inclination of the ecliptic to the horizon)

தொடு வானத்திற்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு 'θ', ZK என்ற வில்லுக்குச் சமமாகும்.

இது K, K_4-ல் இருக்கும்பொழுது மீச்சிறு மதிப்பையும் பெறும்.

$$ZK_4 = ZP + PK_4 = 90° - \phi + \omega$$

$$ZK_2 = ZP - PK_2 = 90° - \phi - \omega$$

K, K_2 உடன் இணையும்பொழுது, A, E உடன் சேரும். B, W உடன் சேரும். அதாவது ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும். அதாவது, தொடு வானமும், வான நடுவரையும் E, W என்ற புள்ளிகளிலேயே வெட்டும். அதாவது ♈, E உடன் சேரும். ♎, W உடன் சேரும். மேலும் K_2, Z-க்கும், P-க்கும் இடையில் உள்ளதால், வான நடுவரைக்கும் தொடு வானத்திற்குமிடையில், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை வரும். அதாவது ♈, E-ல் தோன்றும். அப்பொழுது ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை தொடு வானத்திற்கு மீச்சிறு சாய்வில் இருக்கும். மீச்சிறு சாய்வின் மதிப்பு $90° - \phi - \omega$ ஆகும்.

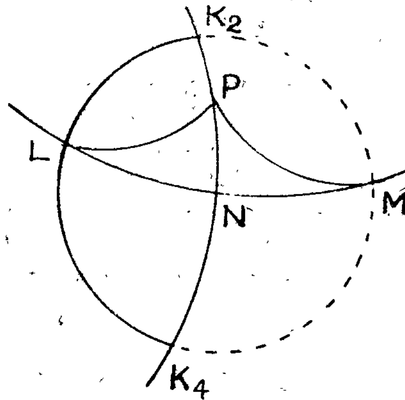
K, K_4 உடன் இணையும்பொழுது, வான நடுவரை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கும் தொடு வானத்திற்கும் இடையில் வரும். ♎, E-ல் தோன்றும். 'θ' தன் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும். அதன் மீப்பெரு மதிப்பு $90° - \omega + \phi$ ஆகும். எனவே, ♈ தோன்றும் பொழுது, θ மிகச் சிறு மதிப்பைப் பெறும். ♎ தோன்றும்பொழுது, θ மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்.

154. குறிப்புகள்

(i) $\phi > \omega$ ஆக இருந்தால் (அதாவது மித வெப்ப மண்டலத்திலும், உறை பனி மண்டலத்திலும்) θ-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $90^\circ - \phi + \omega < 90^\circ$ ஆகும். ஆகையால் தொடுவானத்திற்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு, தன் மீப்பெரு மதிப்பிலேயே 90° ஐ விடக் குறைவாகும். ஆகையால் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை இந்த இடங்களில் (வெப்ப மண்டலத்தைத் தவிர மற்ற இடங்களில்) நிலைக் குத்து வட்டமாகத் தோற்றம் அளிக்காது.

(ii) $\phi = \omega$ (கடக ரேகையின் மேலுள்ள இடங்களில், K-ன் தினசரிப் பாதை தொடுவானத்தை N என்ற இடத்தில் தொடும். K, K_4-க்கு வரும்பொழுது, ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதை முதனிலைக் குத்து வட்டத்துடன் (Prime vertical) இணையும்.

(iii) $\phi < \omega$ ஆக இருந்தால் (வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில்) K-ன் தினசரிப் பாதை தொடுவானத்தை L, M என்ற புள்ளிகளில் வெட்டும். K ஆனது L உடனோ அல்லது M உடனோ சேருகையில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும். படத்தில் LNP என்ற முக்கோணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம்.



படம் 112.

$$\cos \hat{LPN} = \tan PN \cdot \cot LP.$$

$$= \tan \phi \ \cot \omega \qquad [\because \ \hat{LNP} = 90^\circ]$$

ஆகவே ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நிலைக் குத்து வட்டங்களாகத் தோற்றமளிக்கும் இரு தருணங்களுக்கும் இடைப்பட்ட காலம்

$$= \frac{L\hat{P}N}{15}$$

$$= 2\,\frac{L\hat{P}N}{15}$$

$$= 2 \cos^{-1} (\tan \phi \cot \omega) \text{ மணிகள்.}$$

(iv) $\phi = 90° - \omega$ ஆக இருக்கும்பொழுது, K_2, Z உடன் இணையும். ($\because PZ = 90° - \phi = \omega = PN$) ஆகையால் ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதை வான நடுவரையைத் தெற்கிலிருந்து வடக்காக நகருகையில் E-ல் வெட்டும். ஆகையால் γ, E-ல் தோன்றும். அப்பொழுது ஞாயிறு தோன்றுவதோ, மறைவதோ இல்லை.

155. உறைபனி மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் ஒரு நாள் பொழுதில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் நிலையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Variations in the position of the ecliptic for places in the frigid zones)

உறைபனி மண்டலத்திலுள்ள இடங்களில் $\phi > 90° - \omega$. K-ன் தினசரிப் பாதை, நேருச்சிப் புள்ளிக்குத் தெற்கில் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கிறது. K-ன் அடிவானத் தூரம் $0°$ முதல் $360°$ வரை மாறும். ஆகையால் ஏறு புள்ளியும் இறங்கு புள்ளியும் தொடுவானத்தைச் சுற்றி வருகின்றன. தொடுவானத்திற்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வின் (θ-ன்) மீச்சிறு மதிப்பு $\omega - (90° - \phi)$ ஆகும். மீப்பெரு மதிப்பு $\omega + (90° - \phi)$ ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. $\sin^{-1} \sqrt{\cos 2\omega}$ அகலாங்குள்ள இடத்தில், ஏறு, இறங்கு புள்ளிகள், கிழக்கு மேற்குப் புள்ளிகளிலிருந்து முறையே $45°$ அளவுக்கு ஊசலாடுகிறது என நிறுவுக.

$$\phi = \sin^{-1} \sqrt{\cos 2\omega}$$

$$\sin \phi = \sqrt{\cos 2\omega}$$

$$\sin^2 \phi = \cos 2\omega$$
$$= \cos^2\omega - \sin^2\omega$$
$$\therefore \quad \sin^2 \phi < \cos^2\omega$$

(அ-து) $\phi < 90° - \omega$

ஆகையால் அவ்விடம் உறைபனி மண்டலத்திற்கு வெளியே அமைந்துள்ளது. ஆகையால் ஏறு, இறங்கு புள்ளிகள் முறையே கிழக்கு, மேற்குப் புள்ளிகளிலிருந்து இப்பக்கமும் அப்பக்கமும் ஊசலாடும்.

$$\text{வீச்சம்} = x = \sin^{-1} (\sec \phi \sin \omega)$$
$$= \sin^{-1} \left[\frac{\sin \omega}{\sqrt{1 - \sin^2 \phi}}\right]$$
$$= \sin^{-1} \frac{\sin \omega}{\sqrt{1 - \cos 2\omega}}$$
$$= \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$= 45°.$$

2. வெப்ப மண்டலத்திலுள்ள இடத்தில், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நிலைக்குத்தாக இருக்கும்பொழுது ஞாயிற்றின் (α. δ) நேரக்கோணம் (h), $h = \sin^{-1} (\sin \alpha \cot \delta \tan \phi) - \alpha$ என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படும் என நிறுவுக. (செ. ப.)

அந்தத் தருணத்தில் 't' என்பது மீன்வழி நேரமாகக் கொண்டால், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை தொடுவானத்திற்குச் சாய்வில் இருந்தால்

$$\cos \theta = \sin \phi \cos \omega - \cos \phi \sin \omega \sin 15t.$$

ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நிலைக்குத்தாக இருக்கையில், $\theta = 90°$.

$$\therefore \quad 0 = \sin \phi \cos \omega - \cos \phi \sin \omega \sin 15t.$$
$$\sin 15t = \tan \phi \cot \omega.$$

S, அத் தருணத்தில் ஞாயிற்றின் நிலையாக இருக்கட்டும்.

$$\cot \omega = \sin \alpha \cot \delta$$

$$\sin 15t = \sin \alpha \cot \delta \tan \phi$$

$$15t = \sin^{-1} (\sin \alpha \cot \delta \tan \phi)$$

ஞாயிற்றின் நேரக்கோணம் h என்றால்,

$$t = \frac{\alpha + h}{15},$$

$$h = 15t - \alpha$$

(அ - து) $h = \sin^{-1} (\sin \alpha \cot \delta \tan \phi) - \alpha$.

பயிற்சி 16

1. ϕ அகலாங்கு உள்ள இடத்தில், ஒரு தருணத்தில் மீன் வழி நேரம் கொடுக்கப்பட்டால், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையைக் குறிக்கும் முறையை விளக்குக. (செ. ப.)

2. (i) கிழக்குப் புள்ளியிலிருந்து ஏறு புள்ளியின் தூரத்தையும்,

(ii) ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதைக்கும் தொடு வானத்திற்குமிடையே உள்ள சாய்வையும்,

(iii) உறை பனி மண்டலத்தில், தொடு வானத்திற்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வின் மாறுதல்களைக் கூறவும்.

3. உறைபனி மண்டலத்தில் இருக்கும் இடங்களில் ஏறு, இறங்கு புள்ளிகள் தொடு வானத்தைச் சுற்றி வருமென்றும், மற்ற இடங்களில் கிழக்கு மேற்குப் புள்ளிகளுக்கு இரு மறுங்கிலும் ஊசலாடும் எனவும் காண்பிக்கவும். (செ. ப.)

4. முன் கேள்வியில் ஊசலாட்டத்தின் வீச்சம் $2 \sin^{-1} (\sec \phi \sin \omega)$ என நிறுவுக. (செ. ப.)

5. ஒரு நாள் பொழுதில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை அந்தச் சமயங்களில் பார்வையிடம் முறையே வெப்ப மண்டலத்திற்குள்ளோ, கடகக் கோட்டின் மேலோ, வெப்ப மண்டலத்திற்கு

வெளியேயோ, இருக்குமென நிறுவு. மேலும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நிலைக்குத்தாகவிருக்கும் இரு தருணங்களுக்கிடையே உள்ள காலம் $\frac{2}{15}\cos^{-1}(\tan\phi\cot\omega)$ மணிகள் எனக் காட்டுக.

(செ. ப.)

6. எந்த இடத்தில் எந்த நேரத்தில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை

(i) முதனிலைக் குத்து வட்டத்துடன் இணையும்?

(ii) தொடு வானத்துடன் இணையும்?

7. 45°-க்குக் குறைவான அகலாங்குள்ள இடத்தில் ஒரே தருணத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் தோன்றும் விண்மீன்கள் சிறிது காலத்திற்கப்பால் ஒரு நிலைக்குத்து வட்டத்தில் அமையுமெனக் காட்டுக.

8. ஒரு நாளில், பூமியின் எந்தப் பாகங்களில்

(i) ஆண்டின் ஒரு பகுதியில் ஞாயிறு நேருச்சிப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும்?

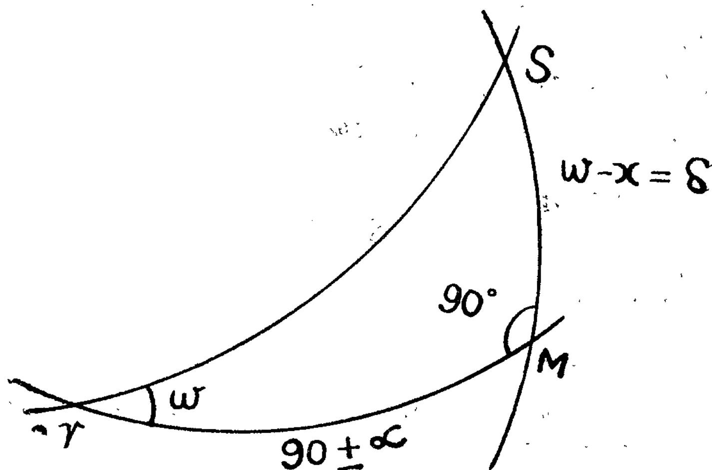
(ii) ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை நிலைக்குத்து வட்டமாக இருக்கும் எனக் கண்டு பிடிக்கவும்? (செ. ப.)

9. ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை முதனிலைக் குத்து வட்டத்துடன் இணைகிறது. அந்த இடத்தின் அகலாங்கையும் அத் தருணத்தின் மீன்வழி நேரத்தையும் கண்டுபிடிக்கவும்.

156. ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதையின் சரிவைக் கணக்கிடல் (Calculating the value of the obiliquity of the ecliptic)

ஞாயிறு தன் கோடைத் திருப்ப நிலைக்கு வரும்பொழுது அதன் நடுவரை விலக்கம் ω, வல ஏற்றம் 90° ஆகும். மேலுச்சிக் கடத்தல் புள்ளியில் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுது மீன்வழி நேரம் 6 மணியானால், ஞாயிறு சரியாகக் கோடைத் திருப்ப நிலையில் இருக்குமென்பது உறுதி. ஆனால் ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் நேரமும், கோடைத் திருப்ப நிலையை அடையும் நேரமும் ஒன்றாகவே இருக்கவேண்டும் என்பது இன்றியமையாததல்ல. ஞாயிறு உச்சியைக் கடப்பதற்குச் சற்று முன்போ, பின்போ கோடைத்

திருப்ப நிலையைக் கடக்கக்கூடும். எனவே ஜூன் 22-ம் தேதி, ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது அதன் உச்சித் தூரம் Z ஆகவும், மீன்வழி நேரம் 't' ஆகவும் இருக்கட்டும். $\phi = Z + \delta$ என்ற வாய்பாட்டால் δ-ன் மதிப்பையும் $t = \alpha'$ (உச்சியைக் கடக்கும் நேரம்) என்ற மதிப்பையும் காணலாம்.



படம் 113.

உச்சியைக் கடக்கும்பொழுது,

$\delta = \phi - Z = \omega - x$ எனக் கொள்க.

$\alpha' = 90° \pm \alpha$ எனக் கொள்க.

α-ம், x-ம், மிகச் சிறியன ஆகும். படத்திலிருந்து γMS என்ற கோள முக்கோணத்தில்,

$$\sin (90° \pm \alpha) = \tan \delta \cot \omega$$

$$\cos \alpha = \frac{\tan \delta}{\tan \omega}$$

$$\frac{\cos \alpha}{1} = \frac{\tan \delta}{\tan \omega}$$

$$\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{\tan \omega - \tan \delta}{\tan \omega + \tan \delta}$$

$$\tan^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin(\omega - \delta)}{\sin(\omega + \delta)}$$

$$\therefore \quad \sin(\omega - \delta) = \sin(\omega + \delta) \tan^2 \frac{\alpha}{2}$$

$\omega - \delta$ = மிகச் சிறியது. α சிறியது.

ω-ம், δ-ம் ஏறக்குறைய சமம்.

$(\omega + \delta)$-ம் 2δ-ம் ஏறக்குறைய சமம்.

எல்லாக் கோணங்களையும் ஆரையின் அளவில் கொண்டால்,

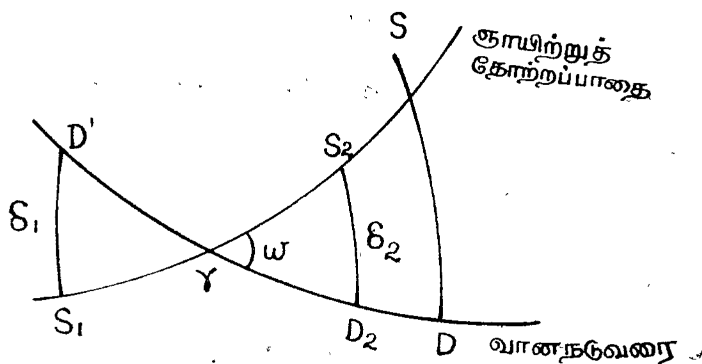
$$\omega - \delta = \frac{\alpha^2}{4} \sin 2\delta \qquad [\because \omega + \delta \rightarrow 2\delta$$

$$\therefore \quad \omega = \delta + \frac{\alpha^2}{4} \sin 2\delta \qquad \tan^2 \frac{\alpha}{2} \rightarrow \frac{\alpha^2}{4}$$

$$[\sin(\omega - \delta) \rightarrow \omega - \delta;$$

$$\sin(\omega + \delta) \rightarrow \sin 2\delta]$$

157. மேட முதற் புள்ளியின் நிலையைக் குறித்தல் (Fixing the positton of the firsr point of Aries) — முதல் வழி



படம் 114.

ஞாயிறு γ ஐக் கடக்கும் பொழுது அதன் நடுவரை விலக்கம் குறை மதிப்பிலிருந்து மிகை மதிப்பிற்கு மாறும். படத்தில் S ஒரு விண் மீன் ; D. நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் அடி ; γ மேட முதற் புள்ளி. S_1 ஞாயிறு γ ஐக் கடப்பதற்கு முன்னுள்ள நண்பகலில்

ஞாயிற்றின் நிலை. S_2 ஞாயிறு ♈ஐக் கடந்த பின்னுள்ள நண்பகலில் ஞாயிற்றின் நிலை. D_1, D_2 ஆகிய புள்ளிகள் நடுவரை விலக்க வட்டங்களின் அடிகள். S_1 என்ற நிலையில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் δ_2. x_1, x_2 ஆகியவைகள் ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரங்களுக்கும், விண்மீன் உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரங்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளாக இருக்கட்டும். ஞாயிறும், விண்மீனும் உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரங்களில் உள்ள வேறுபாடு அவைகளின் வல ஏற்றங்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

$$\therefore \quad D_1 D = x_1,$$

$$D_2 D = x_2$$

$$\therefore \quad D_1 D_2 = x_1 - x_2$$

ஒரு நாளில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= \delta_2 - (-\delta_1) = \delta_2 + \delta_1$

ஞாயிறு ♈ ஐ அடையும் பொழுது அதன் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= 0 - (-\delta_1) = \delta_1$

ஞாயிறு S-லிருந்து ♈ ஐ அடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்

$$= \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2} \text{ நாள்.}$$

ஒரு நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= D_1 D_2$$

$$= x_1 - x_2.$$

$\therefore \quad \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2}$ நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= D_1 \Upsilon$$

$$= \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_1}(x_1 - x_2).$$

$\therefore$ விண்மீனின் வல ஏற்றம்,

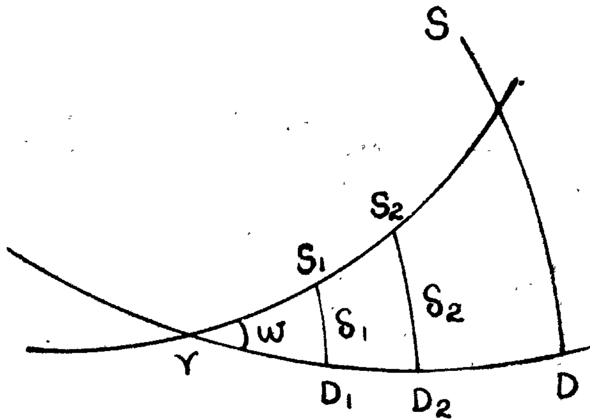
$$\Upsilon D = D_1 D - D_1 \Upsilon$$

$$= x_1 - \frac{\delta_1}{\delta_1 + \delta_2}(x_1 - x_2).$$

$$= \frac{\delta_2 x_1 + \delta_1 x_2}{\delta_1 + \delta_2}.$$

விண்மீனின் நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் அடியிலிருந்து, விண்மீனின் வல ஏற்ற அளவுக்கு வான நடுவரையில் வலஞ் சுழியாக வந்தால் மேட முதற் புள்ளியைக் குறிக்கலாம்.

158. மேட முதற் புள்ளியின் நிலையைக் குறித்தல்—இரண்டாவது வழி



படம் 115.

ஞாயிறு γ ஐக் கடந்து சில நாட்கள் கழிந்த பின் ஒரு நாள் நண்பகலில் ஞாயிற்றின் நிலை S_1 ஆகும். மேலும், சில நாட்கள் கழிந்த பின் மற்றொரு நாள் நண்பகலில் ஞாயிற்றின் நிலை S_2 ஆகும். δ_1, δ_2 ஆகியவை அந்த நாட்களில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கங்களாகும் x_1, x_2 ஆகியவை ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரங்களுக்கும் விண்மீன் உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள நேரங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகளாகும்.

$\therefore \quad D_1 D_2 = x_1 - x_2 = x$ என்றிருக்கட்டும்.

முதல் நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் α ஆக இருக்கட்டும்.

$$\therefore \quad \gamma D_1 = \alpha$$

$$\gamma D_2 = \alpha + x.$$

$S_1 \gamma D_1$ என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos \alpha \cos 90^\circ = \sin \alpha \cot \delta_1 - \sin 90^\circ \cot \omega$$

$$\sin \alpha \cot \delta_1 = \cot \omega$$

$$\therefore \sin \alpha = \frac{\cot \omega}{\cot \delta_1} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

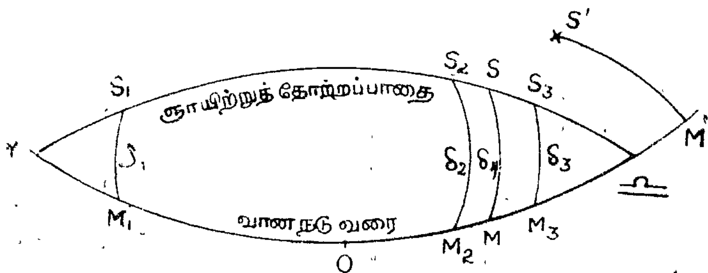
அது போலவே, $S_2 \gamma D_2$ என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\sin (\alpha + x) = \frac{\tan \delta_2}{\tan \omega} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

(1), (2) ஆகிய சமன்பாடுகளிலிருந்து α ஐயும், ω ஐயும் காணலாம். விண்மீனின் வல ஏற்றம் $\alpha + x_1$. முன் போலவே மேட முதற் புள்ளியைக் குறிக்கலாம்.

குறிப்பு : இவ் வழியில் ω-ன் மதிப்பையும் காணலாம்.

159. மேட முதற் புள்ளியின் நிலையைக் குறித்தல் — பிளாமிடின் முறை (Finding the position of the first point of Aries by Flamstud's method)



படம் 116.

படத்தில் γM_1 = வான நடுவரையையும், γS_1 = ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையையும் குறிக்கட்டும். S' ஒரு நிலையான விண்மீனையும் $S' M'$ அந்த அந்த விண் நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் ஒரு பகுதியையும் குறிக்கட்டும். ஞாயிறு γ ஐக் கடந்த சில நாட்

களுக்குப் பிறகு ஒரு நாள் நடுப் பகலில் S_1 ஞாயிற்றின் நிலையாகட்டும். $S_1 M_1 = \delta_1$ ஞாயிற்றின் அப்போதைய நடுவரை விலக்கம் ஆகட்டும். ஞாயிற்றின் அன்றைய உச்சி வட்டத் தூரம் Z_1 ஐக் கண்டு அதன் மூலம் ($Q = Z_1 + \delta_1$ என்ற வாய்பாட்டின் மூலம்) δ_1 ஐக் கணக்கிடலாம். அன்று ஞாயிறும், விண்மீன் S'-ம் உச்சியைக் கடக்கும் நேரங்களின் இடைவேளையை x_1 எனக் கொள்வோம். அன்று விண்மீன் S'-ன் வல ஏற்றத்திற்கும், ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு, $M_1 M'$ ஆகும், எனவே $M_1 M' = x_1$.

ஞாயிற்றின் பாதைமீது S என்ற புள்ளியை $\gamma S_1 = S \simeq$ என்று இருக்குமாறு குறித்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது S-ன் நடுவரை இலக்கம் $S_1 M_1$ (δ_1)-க்குச் சமமாகும். ஞாயிறு S என்ற நிலையிலிருக்கும்பொழுது உச்சி வட்டத்தின்மேல் அமைய வேண்டும் என்ற நியதியில்லை. S என்ற நிலைக்கு ஞாயிறு வருவதற்கு முந்தைய நண்பகலில் S_2-லும் அடுத்த நண்பகலில் S_3 என்ற நிலையிலும், ஞாயிறு உச்சியைக் கடப்பதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது $S_2 M_2 = \delta_2$; $S_3 M_3 = \delta_3$ ஆக இருக்கட்டும். (δ_2, δ_3 என்ற நடுவரை விலக்கங்களை δ_1 பெற்ற முறையைக் கொண்டு கண்டு பிடித்தல் வேண்டும்) அவ்விரு நாட்களிலும் ஞாயிறும், விண்மீன் S'_2-ம் முறையே x_2, x_3 எனக் கொள்வோம்.

$$M_2 M' = x_2,$$

$$M_3 M' = x_3.$$

ஒரு நாளில் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

ஞாயிறு S_2-லிருந்து S-க்குச் செல்கையில் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= \delta_2 - \delta_1$.

ஞாயிறு $\delta_2 - \delta_1$ நடுவரை விலக்க மாறுதலுக்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $= \dfrac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$ நாள் ... (1)

ஒரு நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= M_2 M_3$$

$$= M_2 M' - M_3 M'$$

$$= x_2 - x_3.$$

$\dfrac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$ நாளில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்

$$= (x_2 - x_3)\,\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}.$$

(அ-து) $M_2 M = (x_2 - x_3)\dfrac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$ ஆகும்.

$$M_1 M = M_1 M_2 + M_2 M$$

$$= M_1 M' - M_2 M' + M_2 M.$$

$$= (x_1 - x_2) + (x_2 - x_3)\,\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$$

O, $\gamma \bumpeq$-ன் மையப் புள்ளியாக இருக்கட்டும்.

$$\gamma O = O \bumpeq$$

$$\gamma M_1 = M_1 \bumpeq$$

$$\therefore \quad M_1 O = OM$$

(அ-து) $M_1 O = \dfrac{1}{2}\, M_1 M$

$$= \frac{1}{2}\left[(x_1 - x_2) + (x_2 - x_3)\,\frac{(\delta_2 - \delta_1)}{(\delta_2 - \delta_3)}\right]$$

S_1 என்ற நிலையில் ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம்

$$= \gamma M_1$$

$$= \gamma O - M_1 O$$

$$= 6^{a} - \frac{1}{2}\left[(x_1 - x_2) + (x_2 - x_3)\,\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}\right]$$

மணிகள்

எனவே, விண்மீன் S'-ன் வல ஏற்றம்

$$= \gamma M_1$$

$$= \gamma M_1 + M_1 M'$$

$$= 6\text{ம.} - \frac{1}{2}\left[(x_1 - x_2) + \frac{(x_2 - x_3)(\delta_2 - \delta_1)}{(\delta_2 - \delta_3)}\right] + x_1 \text{ மணிகள்.}$$

M' என்பது வான நடுவரையில் நிலையான புள்ளி. அங்கிருந்து நடுவரையின் மேல் வலஞ்சுழியாக γM_1 என்ற அளவுக்குப்பின் வந்தால் γ-ன் நிலையைக் குறிப்பிட முடியும்.

160. பிளாமிடின் முறையின் நன்மைகள்

1. $\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$ என்ற அளவுக்குப் பதிலாக $\frac{Z_1 - Z_2}{Z_3 - Z_2}$ என்ற அளவைப் பயன்படுத்தலாம். இதனால் இடத்தின் அகலாங்காகிய ϕ-ன் மதிப்புத் தேவைப்படாது.

2. δ_1, δ_2, δ_3 என்ற மூன்று மதிப்புகளும் ஏறக்குறைய சமம். Z_1, Z_2, Z_3 ஆகிய மூன்றும் ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கும். $(Z_1 - Z_2)$ என்ற அளவையும் $(Z_2 - Z_3)$ என்ற அளவையும் நாம் எடுத்துக் கொள்வதால், ஒளிக் கோட்டப் பிழையை நாம் பொருட்படுத்த வேண்டியதில்லை.

3. நிலையான ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றத்தைக் கண்டு பிடித்தால் மீன்வழிக் கடிகாரத்திலுள்ள பல பிழைகளையும் கணித்துவிடலாம்.

4. ஞாயிறும், விண்மீனும் உச்சியைக் கடக்கும் நேரங்களின் வேறுபாடுகளை மட்டுமே நாம் கணக்கிலெடுப்பதால், மீன்வழி கடிகாரத்திலுள்ள பிழைகள் ஒன்றுக்கொன்று சரிபட்டுவிடும்.

எடுத்துக்காட்டு வினாக்கள்

1. பிளாமிடின் முறையைப் பயன்படுத்தி, பின்வரும் அட்டவணையிலிருந்து மேட முதற் புள்ளியைக் குறிக்கவும்.

	25 மார்ச்சு	18 செப்டம்பர்	19 செப்டம்பர்
நண்பகலின் ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம்	1° 39′ 12″	2° 2′ 16″	1° 39′ 1″
ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் நேரம்	0ம. 20நி. 16வி.	11ம 39நி. 11வி.	11ம. 42நி. 46வி.
விண்மீன் கெனுபசு உச்சியைக் கடக்கும் நேரம்	6ம. 27நி. 29வி	6ம. 20நி. 29வி.	6ம. 20நி. 29வி.

படம் 117.

படத்தில் S' (படம் 117) கெனுபசு என்ற விண்மீனின் நிலையைக் குறிக்கிறது. அதன் நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் அடி M' ஆகும். M', ♈-க்கும் ♎-க்கும் இடையிலிருக்கும். ஏனென்றால் கெனுபசின் வல ஏற்றம் 6 மணிக்கும் 7 மணிக்கும் இடையில் உள்ள மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது.

அதாவது.

$$\delta_1 = 1° \ 39' \ 12''$$

$$\delta_2 = 2° \ 2' \ 16''$$

$$\delta_3 = 1° \ 39' \ 1''$$

$S_1 M_1 = \delta_1$; $S_2 M_2 = \delta_2$; $S_3 M_3 = \delta_3$

மேலும் $SM = \delta_1$

$M_1 M' =$ 6ம. 27நி. 29வி. — 0ம. 20நி. 16வி. = 6ம. 7நி. 13வி.

$M_2 M' =$ 11ம. 39நி. 11வி. — 6ம. 20நி. 29வி. = 5ம. 18நி. 42வி.

$M_3 M' =$ 11ம. 42நி. 46வி. — 6ம. 20நி. 29வி. = 5ம. 22நி. 17வி.

$M_2 M_3 = M_3 M' - M_2 M' =$ 3நி. 35வி. = 215வி

$\delta_2 - \delta_1 = 1384''$

$\delta_2 - \delta_3 = 1395''$

$M_2 M = 215 \times \frac{1384}{1395} =$ 3நி. 32·3வி.

$M_1 M = M_1 M' + M' M_2 + M_2 M$

= 11ம. 29நி. 28வி.

$M_1 O =$ 5ம. 44நி. 44வி

$\gamma M_1 =$ 6ம. —5ம. 44நி. 44வி. = 15நி. 16வி.

கெஞேபசின் வல ஏற்றம் $= \gamma M_1$

$= \gamma M_1 + M_1 M'$

= 15நி 16வி. + 6ம. 7நி. 13வி.

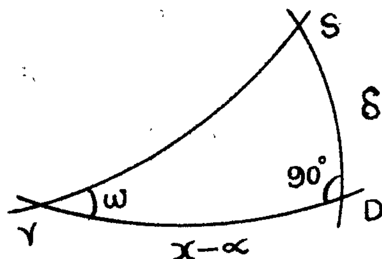
= 6ம. 22நி. 29வி.

(2) ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கங்கள் δ-ம், δ'-ம் இருக்கும் பொழுது, ஞாயிறு, ஒரு விண்மீன் ஆகியவைகளின் வல ஏற்றங்களின் வேறுபாடுகள் முறையே α-ம், α'-ம் ஆக இருந்தால், அவ் விண்மீனின் வல ஏற்றம் x.

$$\tan x = \pm \frac{\sin \alpha \tan \delta' - \sin \alpha' \tan \delta}{\cos \alpha \tan \delta' - \cos \alpha' \tan \delta}$$

என்ற வாய்பாட்டில் கொடுக்கப்படும் என நிறுவுக. (செ. ப.)

ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆனல், அதன் வல ஏற்றம் $x - \alpha$ அல்லது $x + \alpha$ ஆகும். ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் $x - \alpha$ எனக் கொள்வோம்.



படம் 118.

γSD என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\sin(x - \alpha)\cot\delta = \cot\omega$$

அதே போல, $\sin(x - \alpha')\cot\delta' = \cot\omega$

$$\therefore \quad \frac{\sin(x-\alpha)}{\tan\delta} = \frac{\sin(x-\alpha')}{\tan\delta'}$$

(அ - து) $(\sin x\cos\alpha - \cos x\sin\alpha)\tan\delta'$

$$= [\sin x\cos\alpha' - \cos x\sin\alpha']\tan\delta$$

(அ - து) $\sin x\,[\cos\alpha\tan\delta' - \cos\alpha'\tan\delta]$

$$= \cos x\,[\sin\alpha\tan\delta' - \sin\alpha'\tan\delta]$$

$$\therefore \quad \tan x = \frac{\sin\alpha\tan\delta' - \sin\alpha'\tan\delta}{\cos\alpha\tan\delta' - \cos\alpha'\tan\delta}$$

ஞாயிற்றின் வல ஏற்றம் $x + \alpha$ எனக் கொண்டால் மற்ருெரு மதிப்பைப் பெறலாம்.

பயிற்சி 17

1. மார்ச்சு 30-ம் தேதி ஞாயிற்றின் வல ஏற்றத்தைக் கண்டு பிடி :

	ஞாயிற்றின் ந வ.	ஞாயிறு உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரம்	விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரம்
மார்ச்சு 30	4° 0′ 8″·1	0ம. 1நி. 4·47வி.	15ம. 1நி. 54·76வி.
செப்டெம்பர் 11	4° 20′ 58″·8	0ம. 1நி. 4·09வி.	4ம. 19நி. 11·38வி.
செப்டெம்பர் 12	3° 58′ 3″	0ம. 1நி. 4·07வி.	4ம. 15நி. 49·33வி.

2. விண்மீனின் வல ஏற்றத்தைக் கீழ்வரும் அட்டவணையிலிருந்து காண் :

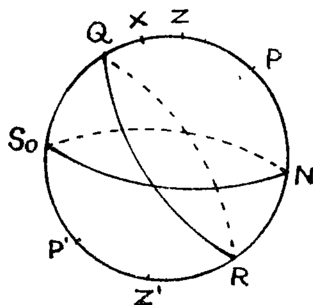
	ஞாயிற்றின் ந. வ. வி.	ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் நேரம்	விண்மீன் உச்சியைக் கடக்கும் நேரம்
மார்ச்சு 30	4° 0′ 9″	0ம. 1நி. 4வி.	14ம. 2நி. 54வி.
செப்டெம்பர் 11	4° 20′ 59″	11ம. 40நி. 32வி.	14ம. 2நி. 52வி.
செப்டெம்பர் 12	3° 58′ 4″	11ம. 43நி. 42வி.	14ம 2நி. 52வி.

13. புவியில் ஓரிடத்தின் அகலாங்கையும் நெட்டாங்கையும் காணல்

(Finding the latitude and longitude of a place on the earth)

161. முதல் வழி

உச்சித் தூரத்தைக் கொண்டு அகலாங்கு காணல் (Finding the latitude by meridian observation)



படம் 119.

படத்தில் QR, வான நடுவரை; Z நேர் மேலுச்சிப் புள்ளி; X ஒரு விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்பொழுது அதன் நிலை. அவ் விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் δ ஆக இருக்கட்டும். விண்மீனின் உச்சித் தூரம் Z ஆக இருக்கட்டும்.

ஓரிடத்தில் அகலாங்கு ϕ ஆனல்.

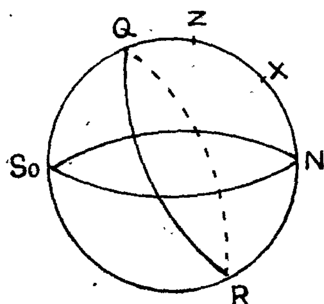
$$\phi = QZ.$$
$$= QX + XZ.$$
$$= \delta + Z.$$

இங்கு விண்மீன் தெற்கு அரைக் கோளத்தில் உள்ளது.

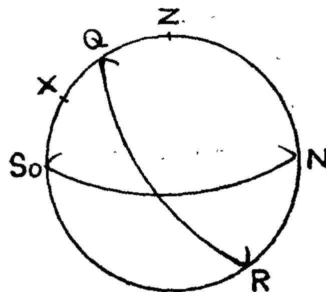
குறிப்புகள்

1. விண்மீன் வடக்கு அரைக் கோளத்தில் இருந்தால்,

$$\phi = QZ = QX - XZ.$$
$$= \delta - Z.$$



படம் 120.



படம் 121.

விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் குறை மதிப்பைப் பெற்றிருந்தால்,

$$\phi = QZ = XZ - QX$$
$$= Z - \delta$$

3. தோற்ற உச்சித் தூரத்திலுள்ள ஒளிக் கோட்டப் பிழை, தொடுவானத் தாழ்வுப் பிழை போன்ற பிழைகளைத் திருத்த வேண்டும்.

162. இரண்டாவது வழி

நேர் மேல் உச்சிப் புள்ளியின் இரு மறுங்கிலுமுள்ள இரண்டு விண்மீன்களின் உச்சித் தூரங்களைக் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்

நேர் மேலுச்சிப் புள்ளியின் இரு மருங்கிலுமுள்ள நடுவரை விலக்கங்கள் தெரிந்த இரண்டு விண்மீன்களை எடுத்துக் கொள்வோம். δ_1, δ_2 இரு விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கங்களாகவும். Z_1 Z_2 அவைகளின் உச்சித் தூரங்களாகவும் இருக்கட்டும், ஓரிடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆனால்,

$$\phi = \delta_1 + Z_1$$

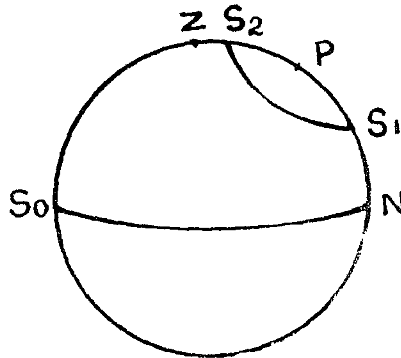
மேலும் $\phi = \delta_2 - Z_2$

$$\therefore \ \phi = \frac{1}{2} [\delta_1 + \delta_2 + Z_1 - Z_2]$$

குறிப்பு: Z_1 உம், Z_2 உம் தோராயமாக இருக்கும்பொழுது $Z_1 - Z_2$-ல் ஒளிக் கோட்டப் பிழையும் தொடுவானத் தாழ்வுப் பிழையும் இராது.

3. மூன்றாவது வழி

மறையா விண்மீனின் உச்சித் தூரங்களைக்கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்



படம் 122.

NS_0 வான நடுவரை; P ஒரு துருவம். Z நேர் மேலுச்சிப் புள்ளி. S_1, S_2 ஆகியவைகள் ஒரு மறையா விண்மீனின் உண்மையான உச்சி வட்ட நிலைகள்.

(ஒளிக் கோட்டத்தின் பிழையையும், தொடுவானத் தாழ்வுப் பிழையையும் திருத்திய பின்னுள்ள நிலைகள்)

a_1, a_2 முறையே S_1, S_2-ன் கோண வேற்றங்களாக இருக்கட்டும்.

ஓரிடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆனால்,

$$S_1N = a_1 \,;\ S_2N = a_2 \,;\ \phi = PN.$$

$$S_1N + S_2N = PN - PS_1 + PN + PS_2$$
$$= 2PN.$$

$$a_1 + a_2 = 2\phi$$

$$\therefore \ \phi = \frac{a_1 + a_2}{2}.$$

குறிப்பு: a_1', a_2' ஆகியவைகள் விண்மீனின் தோற்ற கோண வேற்றங்களாக இருக்கட்டும். D தொடுவானத் தாழ்வாக வும் இருக்கட்டும்.

$$\therefore \ a_1 = a_1' - K \tan (90 - a_1') - D.$$

$$a_2 = a_2' - K \tan (90 - a_2') - D.$$

164. நான்காவது வழி

முதனிலைக் குத்து வட்டத்தின்மேல் இருக்கும் தெரிந்த விண்மீனை (அல்லது ஞாயிற்றை)க் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்

படம் 123.

S, ஒரு தெரிந்த விண்மீனின் (α, δ) நிலையாக இருக்கட்டும். அவ்விண்மீனின் உச்சித் தூரம் Z ஆக இருக்கட்டும். (ஒளிக் கோட்டப் பிழையைத் திருத்திய பின்) ϕ அவ்விடத்தின் அகலாங் காகட்டும்.

PZS என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos (90^\circ - \delta) = \cos Z \cos (90^\circ - \phi) + \sin Z \sin (90^\circ - \phi) \cos 90^\circ$$

(அ - து) $\sin \delta = \cos Z \sin \phi$.

$$\therefore \quad \sin \phi = \sin \delta \sec Z. \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

விண்மீன் நிலக்குத்து வட்டத்தின்மேல் இருக்கும்பொழுது, மீன்வழி நேரம் t ஆக இருக்கட்டும்.

$\therefore$ விண்மீனின் நேரக்கோணம் $h = \alpha - t$ அல்லது $h = t - \alpha$ (விண்மீன் நேர் கிழக்கில் அல்லது நேர் மேற்கில் இருக்கும்பொழுது)

PZS என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos (90^\circ - \phi) \cos h = \sin (90^\circ - \phi) \cot (90^\circ - \delta) - \sin h \cot 90^\circ$$

$$\sin \phi \cos h = \cos \phi \tan \delta$$

$$\therefore \quad \tan \phi = \tan \delta \sec h. \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

$$\therefore \quad \phi = \sin^{-1} (\sin \delta \sec Z) \text{ அல்லது}$$

$$= \tan^{-1} (\tan \delta \sec h)$$

குறிப்பு : t_1, t_2 முறையே நேர் கிழக்கிலும் நேர் மேற்கிலும் இருக்கும்பொழுது மீன்வழி நேரங்களாகட்டும். இங்கு $h = \frac{t_2 - t_1}{2}$. h-ல் மீன்வழிக் கடிகாரப் பிழை இராது.

165. ஐந்தாவது வழி

இரு தெரிந்த விண்மீன்களின் கோண ஏற்றங்களைக் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்

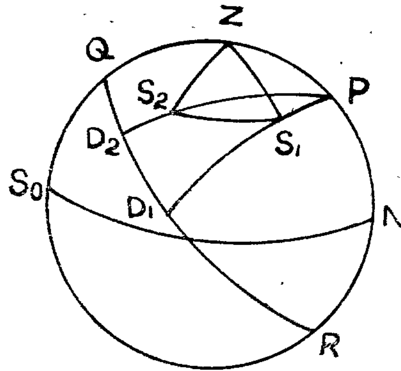
ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், S_1, S_2 ஆகியவை இரு தெரிந்த விண்மீன்களின் $[(\alpha_1\ \delta_1), (\alpha_2, \delta_2)]$ நிலைகளாகட்டும். D_1, D_2 நடுவரை குத்து வட்டங்களின் அடிகளாகட்டும்.

$D_1 D_2 = \alpha_1 \sim \alpha_2 = \theta$ என்றிருக்கட்டும்.

$$PS_1 = 90 - \delta_1$$

$$PS_2 = 90 - \delta_2$$

$$S_1 \hat{P} S_2 = D_1 D_2 = \alpha_1 - \alpha_2 = \theta.$$



படம் 124.

$S_1 P S_2$ என்ற கோள முக்கோணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம்.

$$\cos S_1 S_2 = \cos PS_1 \cos PS_2 + \sin PS_1 \sin PS_2 \cos S_1PS_2$$
$$= \sin \delta_1 \,.\, \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \,.\, \cos \delta_2 \,.\, \cos (\alpha_1 - \alpha_2) \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

மேலும்,

$$\cos PS_1 \,.\, \cos S_1\hat{P}S_2 = \sin PS_1 \,.\, \cot PS_2 - \sin S_1PS_2 \cot PS_1S_2$$

$$\tan \delta_1 \,.\, \cot (\alpha_1 - \alpha_2) = \cos \delta_1 \tan \delta_2 - \sin (\alpha_1 - \alpha_2) \,.\, \cot PS_1S_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

(1)-வது சமன்பாடு S_1S_2 ஐயும், (2)-வது சமன்பாடு $P\hat{S_1}S_2$-ன் மதிப்பையும் கொடுக்கும்.

மேலும், ZS_1S_2 என்ற கோள முக்கோணத்தைக் கொண்டு,

$$\cos ZS_2 = \cos ZS_1 \,.\, \cos S_1 S_2 + \sin ZS_1 \,.\, \sin S_1 S_2 \cos Z\hat{S_1}S_2$$

விண்மீன்களின் மெய்யுச்சித் தூரங்கள் Z_1, Z_2 எனக் கொள்வோம். (இவை அவைகளின் கோண வேற்றங்களைக் கொண்டு, ஒளிக் கதிர் கோட்டப் பிழைக்குத் திருத்தப்பட்டவையாகட்டும்.)

$$\cos Z_2 = \cos Z_1 \cos S_1 S_2 + \sin Z_1 \cdot \sin S_1 S_2 \cos ZS_1 S_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

(3)-வது சமன்பாடு, ZS_1S_2-ன் மதிப்பைக் கொடுக்கும்.

$$\therefore \quad P\hat{S_1}Z = P\hat{S_1}S_2 - ZS_1S_2 \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \quad P\hat{S_1}Z \text{ ஐக் கணக்கிடலாம்.}$$

மேலும், கோள முக்கோணம் ZPS_1 ஐக் கொண்டு,

$$\cos ZP = \sin \delta_1 \cos Z_1 + \cos \delta_1 \sin Z_1 \cos PS_1Z \ldots (4)$$

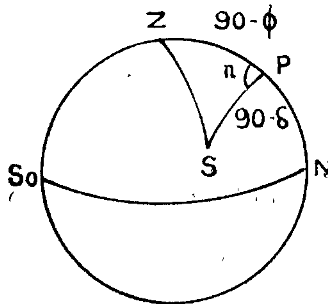
(4)-வது சமன்பாட்டைக் கொண்டு, $P\hat{S_1}Z$-ன் மதிப்பை ஈடு செய்ய, ZP-ன் மதிப்புக் கிடைக்கும்.

இடத்தின் அகலாங்கு $= 90^\circ - ZP$ ஆகும்.

ஆகவே, இடத்தின் அகலாங்கின் மதிப்பைக் காணலாம்.

166. ஆறுவது வழி

சராசரி நேரம் தெரியும்பொழுது ஒரு விண்மீனின் கோண ஏற்றத்தைக் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்



படம் 125.

S, ஒரு விண்மீனின் அல்லது ஞாயிற்றின் நிலையாகட்டும். S ஐ விண்மீன் எனக் கொண்டால், அதன் நேரக்கோணம் h = மீன்வழி நேரம் — விண்மீனின் வல ஏற்றம். S ஐ ஞாயிறு எனக் கொண்டால், அதன் நேரக்கோணம்

h = 15 × தோற்ற ஊர்ப்பொழுது.

= 15 × (சராசரி ஊர்ப்பொழுது + காலக்குறைநிறைச் சமன்பாடு)

a, S-ன் உண்மையான கோண வேற்றமாகவும், δ அதன் தெரிந்த நடுவரை விலக்கமாகவும் இருக்கட்டும். ϕ இடத்தின் அகலாங்காகட்டும். ZPS என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

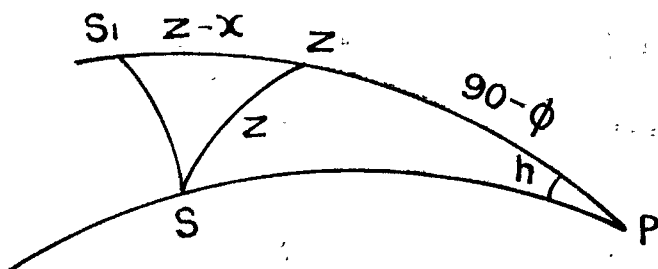
$$\cos(90^\circ - a) = \cos(90^\circ - \phi)\cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \phi)\sin(90^\circ - \delta)\cos h.$$

$$\sin a = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos h.$$

இச் சமன்பாட்டிலிருந்து ϕ ஐக் காணலாம்.

167. ஏழாவது வழி

உச்சி வட்டத்திற்கு மிக அண்மையிலுள்ள விண்மீனின் கோண வேற்றத்தைக் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்



படம் 126.

உச்சி வட்டத்திற்கு மிக அண்மையிலுள்ள (ந. வ. வி. δ தெரிந்த) விண்மீனின் நிலை S ஆகட்டும். அதன் உண்மையான உச்சித் தூரம் Z ஆகவும், நேரக்கோணம் h ஆகவும் இருக்கட்டும். அவ்விடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆகட்டும்.

PZS என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து.

$$\cos Z = \cos(90^\circ - \phi)\cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \phi)\sin(90^\circ - \delta)\cos h.$$

$$= \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos h.$$

$$\cos Z = \cos(\phi - \delta) - 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2} \quad \ldots \quad (1)$$

விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்பொழுது அதன் நிலை S_1 ஆக விருக்கட்டும்.

$ZS_1 = Z - x$, இங்கு x மிகச் சிறியது.

$PS_1 = 90 - \delta$

$PZ + ZS_1 = 90^\circ - \delta$

$$90^\circ - \phi + Z - x = 90^\circ - \delta \quad \therefore \ \phi - \delta = Z - x \quad \ldots \quad (2)$$

(2) ஐ (1)-ல் ஈடுசெய்ய,

$$\cos Z = \cos(Z - x) - 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}.$$

$$\cos(Z - x) - \cos Z = 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}.$$

$$2\sin\left(Z - \frac{x}{2}\right)\sin\frac{x}{2} = 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}.$$

x மிகச் சிறியதாகையால், $\sin\frac{x}{2} \to \frac{x}{2}$,

$$\sin\left(Z - \frac{x}{2}\right) \to \sin Z.$$

$$\therefore \ x\sin Z = 2\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}.$$

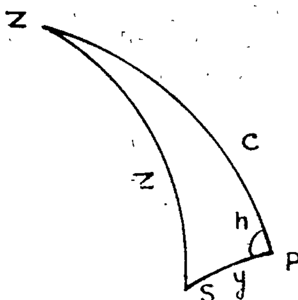
$$x = 2\operatorname{cosec} Z\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}. \quad \ldots \quad (3)$$

(2), (3) ஆகியவைகளிலிருந்து,

$$\phi = \delta + Z - 2\operatorname{cosec} Z\cos\phi\cos\delta\sin^2\frac{h}{2}.$$

168. எட்டாவது வழி

துருவ விண்மீன்களைக் கொண்டு அகலாங்கைக் காணல்



படம் 127.

துருவத்திற்கு அண்மையில் உள்ள விண்மீன் துருவ விண்மீன் எனப்படும். S_1, துருவ விண்மீனின் நிலையாகட்டும். Z, அதன் உண்மையான உச்சித் தூரம் ஆகட்டும்.

PS = துருவ விண்மீனின் துருவத்தூரம்.

$= y$ என்க. இங்கு y மிகச் சிறியது.

$ZP = 90° -$ இடத்தின் அகலாங்கு $= C$ என்க.

$C - Z = x$ என்க. இங்கு x மிகச் சிறியது.

PZS என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos Z = \cos c \cos y + \sin c \sin y \cos h.$$

$$\cos Z = \cos (Z + x) \cos y + \sin (Z + x) \sin y \cos h.$$

$$= (\cos Z \cos x - \sin Z \sin x) \cos y + (\sin Z \cos x - \cos Z \sin x) \sin y \cos h.$$

$$= (\cos Z.1 - \sin Z . x)\ 1 + (\sin Z . 1 + \cos Z.x)\ y \cos h.$$

$$= \cos Z - x \sin Z + y \sin Z \cos h.$$

$$\therefore\ x = y \cos h.$$

$$C - Z = y \cos h.$$

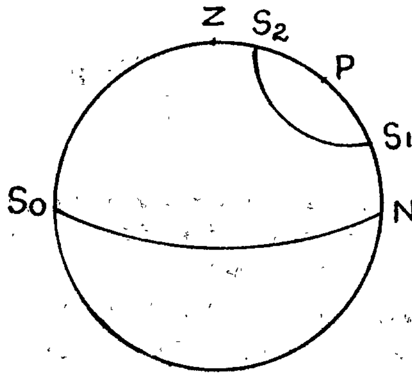
$$90° - \phi = Z = y \cos h.$$

$$\therefore\ \phi = 90° - Z - y \cos h.$$

எடுத்துக்காட்டான விஞக்கள்

1. ஒரு மறையா விண்மீன் நேர் உச்சிப் புள்ளிக்கு வடக்கே உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கின்றது. அது மேலுச்சிப் புள்ளியையும், கீழுச்சிப் புள்ளியையும் கடக்கும்பொழுது அதன் கோண வேற்றங்கள் முறையே 72° 30′, 15° 48′. அவ்விடத்தின் அகலாங்கையும், அவ்விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்தையும் காண்க.

(செ. ப. 1969)



படம் 128.

NS_0 — தொடுவானம். P-வட துருவம். Z-நேர் மேலுச்சிப் புள்ளி ; S_1S_2-மறையா விண்மீனின் தினசரிப் பாதை. ϕ அவ்விடத்தின் அகலாங்காகவும், δ விண்மீனின் நடுவரை விலக்கமாகவும் இருக்கட்டும்.

$$\therefore \ \phi = NP = NS_1 + S_1P.$$

$$= NS_1 + PS_2$$

$$= NS_1 + NS_2 - NP$$

$$\therefore \ 2\phi = NS_1 + NS_2$$

$$= 15^\circ \ 48' + 72^\circ \ 30'$$

$$\therefore \ \phi = 44^\circ \ 9' \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$S_1P = NP - NS_1$$
$$= 44° \ 9' - 15° \ 48'$$
$$= 28° \ 21'$$

$$\therefore \ \delta = 90° - S_1P = 90° - 28° \ 21'$$
$$= 61° \ 39' \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

2. ஒளிக் கோட்டக் கெழு 58″ எனக் கொண்டு, ஓரிடத்தில் ஒரு மறையா விண்மீனின் உச்சி வட்ட உச்சித் தூரங்கள் 47° 18′-ம், 22° 18′-ம் ஆனால், அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க. (tan 47° 28′ = 1·09, tan 22° 18′ = 0·41) மேலும் அவ் விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்தையும் காண்க. (செ. ப.)

Z_1, Z_2 மறையா விண்மீனின் தோற்றங்களாகட்டும்.

Z_1', Z_2' அவ் விண்மீனின் உண்மையான உச்சித் தூரங்களாகட்டும்.

$$\therefore \ Z_1' = Z_1 + K \tan Z_1$$
$$= 47° \ 28' + 59'' \tan 47° \ 28'$$
$$= 47° \ 28' + 59'' \times 1{\cdot}09$$
$$= 47° \ 29' \ 3''.$$

$$Z_2' = Z_2 + K \tan Z_2$$
$$= 22° \ 18' + K \tan 22° \ 18'$$
$$= 22° \ 18' + 59'' \times 0{\cdot}41$$
$$= 22° \ 18' \ 24''$$

a_1, a_2 விண்மீனின் உண்மையான கோண வேற்றங்களாகட்டும்.

$$\therefore \ a_1 = 90° - 47° \ 29' \ 3'' = 42° \ 31' \ 57''$$
$$a_2 = 90° - 22° \ 18' \ 24'' = 37° \ 41' \ 36''$$

அவ் விடத்தின் அகலாங்கு $\phi = \dfrac{a_1 + a_2}{2} = 56° \ 6' \ 16{\cdot}5''$

Z_1, Z_2 விண்மீன்களின் உண்மையான உச்சித் தூரங்களாகட்டும்.

$S_1 P S_2$ என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos S_1 S_2 = \cos(90° - \delta_1)\cos(90° - \delta_2) + \sin(90° - \delta_2)\cos\theta.$$

$$\therefore \quad \cos S_1 S_2 = \sin\delta_1 \sin\delta_2 + \cos\delta_1 \cos\delta_2 \cos\theta \quad \dots (1)$$

மேலும், $\dfrac{\sin P\hat{S_1} S_2}{\sin PS_2} = \dfrac{\sin S_1 \hat{P} S_2}{\sin S_1 S_2}$

$$\therefore \quad \sin P\hat{S_1} S_2 = \frac{\sin\theta \cos\delta_2}{\sin S_1 S_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

$Z S_1 S_2$ என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos Z_2 = \cos Z_1 \cos S_1 S_2 + \sin Z_1 \sin S_1 S_2 \cos Z\hat{S_1} S_1$$

$$\cos Z\hat{S_1} S_2 = \frac{\cos Z_2 - \cos Z_1 \cos S_1 S_2}{\sin Z_1 \sin S_1 S_2} \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

$$P\hat{S_1} Z = P\hat{S_1} S_2 - Z\hat{S_1} S_2 \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

$PZ S_1$ என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos(90° - \phi) = \cos(90° - \delta)\cos Z_1 + \sin(90° - \delta_1)\sin Z_1 \cos P\hat{S_1} Z$$

$$\sin\phi = \sin\delta_1 \cos Z_1 + \cos\delta_1 \sin Z_1 \cos P\hat{S_1} Z \quad \dots (5)$$

மேற்காட்டிய ஐந்து சமன்பாடுகளிலிருந்து ϕ ஐக் காணலாம்.

விண்மீனின் நடுவரை விலக்கம் $\delta = 90° - (\phi - a_2)$.

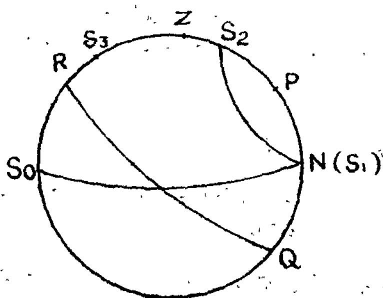
$$= 90° - \phi + a_2$$

$$= 90° - 56° 6' 16{\cdot}5'' + 37° 41' 36''$$

$$= 70° 34' 19{\cdot}5''.$$

3. வட நடுவரை விலக்கம் ϕ உள்ள ஓரிடத்தில், ஒரு மறையா விண்மீனும், $10°$ நடுவரை விலக்கமுள்ள மற்றொரு விண் மீனும் நேர் மேலுச்சிப் புள்ளிக்கும் முறையே வடக்கேயும் தெற்

கேயும் சமதூரத்தில் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கின்றன. மறையா விண்மீன் கீழுச்சிக் கடத்தல் புள்ளியைக் கடக்கும் பொழுது தொடு வானத்தைத் தொடுகின்றது என்றால், $\phi = 33° 20'$ எனக் காட்டுக. (செ. ப.)



படம் 129.

δ_1, δ_2 மறையா விண்மீன், மற்றொரு விண்மீன் ஆகியவை களின் நடுவரை விலக்கங்களாகட்டும்.

$$\phi = NP = S_1P = 90° - \delta_1 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

S_3, மற்றொரு விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நிலையாகும்.

$$RS_3 = 10° \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

$$ZS_2 = ZS_3 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

$$NZ = NS_2 + S_2 Z.$$

$$= NS_2 + \frac{1}{2} S_2 S_3$$

$$= NS_2 + \frac{1}{2}(S_2 R - RS_3)$$

$$\therefore \; 90° = 2\phi + \frac{1}{2}(\delta_1 - 10°)$$

$$= 2\phi + \frac{1}{2}(90° - \phi - 10°)$$

$$= \frac{3}{2}\phi + 40°$$

$$\frac{3}{2}\phi = 50^\circ$$

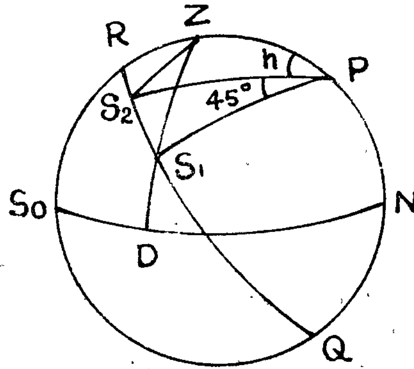
$$\therefore \quad \phi = 33^\circ\, 20'$$

4. ஒரு விண்மீன் அடுத்தடுத்து இரு முறை முதனிலைக் குத்து வட்டத்தைக் கடப்பதற்கு ஆகும் காலம் 4 மணிகள். அவ் விண்மீனின் ந.வ.வி. $\tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$ என்றால் அவ்விடத்தின் அகலாங்கு 30° எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

விண்மீன் நேர் கிழக்கிலிருந்து நேர் மேற்கிற்குச் செல்ல ஆகும் காலம் = 4 மணிகள்.

$\therefore$ விண்மீன் முதனிலைக் குத்து வட்டத்தின் மேல் இருக்கும் பொழுது அதன் நேரக் கோணம் $h = \frac{4^{ம.}}{2} = 2^{ம.} = 30^\circ$

5. S_1, S_2 என்ற விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கங்கள் முறையே $0^\circ, 45^\circ$ ஆகும். அவைகளின் வல ஏற்றங்களின் வேறுபாடு 45°. அவைகள் ஒரு தருணத்தில் நிலைக்குத்து வட்டத்தில் உள்ளன. S_1-ன் கோண ஏற்றம் 15° ஆனால் அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க. (செ. ப.)



படம் 130.

$$PS_1 = 90^\circ; \qquad PS_2 = 45^\circ; \qquad S_1\hat{P}S_2 = 45^\circ;$$

$$NP = \phi. \qquad DS_1 = 15^\circ; \qquad Z\hat{P}S_2 = h$$

$P\hat{S_1}S_2$ என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos S_1S_2 = \cos 90^\circ \cos 45^\circ + \sin 90^\circ \sin 45^\circ \cos 45^\circ$$
$$= \frac{1}{2}.$$

$$\therefore \quad ZS_1 = 75^\circ; \quad ZS_2 = 15^\circ$$

விண்மீன்களின் திசை வில் A ஆக இருக்கட்டும்.

PZS_1 என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos 90^\circ = \cos 75^\circ \cos (90^\circ - \phi) + \sin 75^\circ \sin (90^\circ - \phi) \cos A.$$

$$\therefore \quad \tan \phi = -\tan 75^\circ \cos A \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

PZS_2 என்ற கோள முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\cos 45^\circ = \cos (90^\circ - \phi) \cos 15^\circ + \sin (90^\circ - \phi) \sin 15^\circ \cos A.$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \sin \phi \cos 15^\circ + \cos \phi \sin 15^\circ \cos A \quad \ldots \quad (2)$$
$$= \sin \phi \cos 15^\circ - \cos \phi \sin 15^\circ \tan \phi \cot 75^\circ$$
$$= \sin \phi [\cos 15^\circ - \sin 15^\circ \tan 15^\circ]$$
$$= \sin \phi \left[\frac{\cos^2 15^\circ - \sin^2 15^\circ}{\cos 15^\circ}\right]$$
$$= \sin \phi \frac{\cos 30^\circ}{\cos 15^\circ}$$

$$\therefore \sin \phi = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cos 15^\circ$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\frac{2+\sqrt{3}}{4}}$$
$$= \frac{\sqrt{4+2\sqrt{3}}}{12}$$

$$\sin \phi = \frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{3}}$$

பயிற்சி 18

1. ஓரிடத்தில் நண்பகலில் ஞாயிற்றின் உச்சி வட்டக் கோண ஏற்றம் 35°. அடுத்த நள்ளிரவில் உச்சி வட்டக் கோண ஏற்றம் $6^\circ\ 9'$. ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கம் மணிக்கு $45''$ அதிகரிக்கின்றது. அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

2. ஓரிடத்தில் ஒரு மறையா விண்மீனின் உச்சி வட்ட உச்சித் தூரங்கள் $75^\circ\ 3'\ 13''\cdot 2$; $1^\circ\ 53'\ 18''\cdot 6$. ஒளிக் கோட்டப் பிழைகள் முறையே $3'\ 41''\cdot 9$; $1''\cdot 9$. விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்தையும், அவ்விடத்தின் அகலாங்கையும் காண்க.

3. 45° அகலாங்குள்ள ஓரிடத்தில் ஒரு விண்மீனின் கோண ஏற்றம் $67^\circ\ 35'\ 10''$ ஆகும். ஒளிக் கோட்டக் கெழு $58''\cdot 2$ எனக் கொண்டு விண்மீனின் நடுவரை விலக்கத்தைக் காண்க.

4. மிதவெப்ப மண்டலத்தில் மீச்சிறு நாளில் நண்பகலின் பொழுது ஒரு நிலைக்குத்தான கோலின் நிழலின் நீளம் : மீப்பெரு நாளில் அந்நிழலின் நீளம் $= n : 1$. என்றால்,

$$\sin \phi : \sin 2\omega = (n+1) : (n-1)$$ எனக் காட்டுக.

5. வல ஏற்றம் $21^{\text{ம}\cdot}$ நடுவரை விலக்கம் 30° கொண்ட ஒரு விண்மீன் முதனிலைக் குத்து வட்டத்தைக் கடக்கும்பொழுது, அதன் உச்சித்தூரம் 42° ஆகும். அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

6. ஞாயிற்றின் வான நெட்டாங்கு L ஆக இருக்கும்பொழுது அது நேர் கிழக்கில் உள்ளது. அப்பொழுது அதன் கோண ஏற்றம் a ஆகும். அவ்விடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆனால்,

$$\sin \phi \,.\, \sin a = \sin \omega \sin L$$

எனக் காட்டுக.

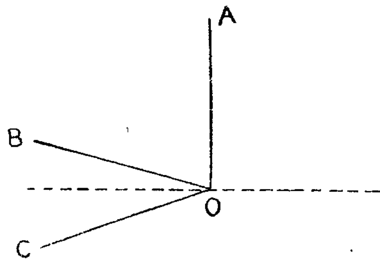
7. மே 11-ம் தேதி ஞாயிறு நேர் கிழக்கில் இருக்கும்பொழுது அதன் கோண ஏற்றம் 9°. நடுவரை விலக்கம் $+18^\circ$ அவ்விடத்தின் அகலாங்கைக் காண்க.

8. கோணமானி, கிரீன்விச் கடிகாரம் ஆகியவைகளின் உதவியால் ஓரிடத்தின் அகலாங்கைக் காணும் முறையை விளக்குக.

9. உச்சி வட்டத்திற்கு மிக அண்மையில் உள்ள புள்ளியிலிருந்தோ, துருவ விண்மீனைக் கொண்டோ ஓரிடத்தின் அகலாங்கைக் காணும் முறையை விளக்குக.

169. (1) ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தைக் குறித்தல் (Fixing the meridian at a place)

சமதரையில் OA என்ற கோலை நடவும்.



படம் 131.

ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் முன்னரும், உச்சியைக் கடந்த பின்னரும் OA-ன் நிலைகளைக் குறிக்கவும். OB, OC என்ற நிழல்களின் நீளங்கள் சமமாக இருக்கட்டும். OB என்ற நிழலும் OC என்ற நிழலும் உண்டாகும்பொழுது, வடக்குப் புள்ளியின் இருமருங்கிலும் ஞாயிற்றின் திசை வில் சமமாக இருக்கும் கோணம் BOC-ன் உள்ளிரு சமவெட்டியை வரையவும் இக்கோட்டிற்கு உச்சி வட்ட வரை (Meridian line) என்பது பெயர். இக்கோடு வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு உச்சி வட்டத் தளம் (Meridian plane) என்பது பெயர். இத்தளம் வானக் கோளத்தை ஒரு பெரு வட்டத்தில் வெட்டும். இவ்வட்டத்திற்கு உச்சி வட்டம் (Meridian circle) என்பது பெயர்.

(2) ஓரிடத்தின் ஊர்ப் பொழுதைக் காணல் (Determination of local time of a place)

ஞாயிற்றின் கீழ், மேல் விளிம்புகள் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரங்களைக் குறித்துக் கொள்ளவும். இந்நேரங்களின் சராசரி, ஞாயிற்றின் மையம் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரமாகும். இது தோற்ற நண்பகலாகும். அத்தருணத்தில் கிரீனிச் கடிகாரம் காட்டும் கிரீனிச் சராசரி நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். ஒவ்வொரு நாளிலும் கிரீனிச்சில் சராசரி நள்ளிரவில் உள்ள காலக் குறை நிறைச் சமன்பாட்டையும், ஒவ்வொரு மணிக்கும் அதில் ஏற்படும் மாறுதல்களையும் மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தில் காணலாம். எனவே மேலே குறிப்பிட்ட தோற்ற நண்பகலிலுள்ள காலக் குறை நிறைச் சமன்பாட்டைக் கணிக்கலாம்.

∴ சராசரி ஊர்ப் பொழுது = தோற்ற ஊர்ப் பொழுது
— காலக் குறைநிறைச் சமன்பாடு.

Local mean time = Local apparent time − Equation of time

(3) நியம நேரம் (Stantard time)

l ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கானல், அவ்விடத்தின் சராசரி ஊர்ப் பொழுது=கிரீனிச் சராசரி ஊர்ப் பொழுது $\pm \frac{l}{15}$ மணிகள்.

எனவே ஓரிடத்தின் சராசரி ஊர்ப் பொழுது, அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைப் பொறுத்து மாறும். சராசரி ஊர்ப் பொழுதை நடைமுறைக் கடிகாரத்தில் பின்பற்றினல் சில குழப்பங்கள் ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக சென்னையையும் கோவையையும் எடுத்துக் கொள்வோம். இவ்விரு நகரங்களின் நெட்டாங்குகளில் வேறுபாடு உள்ளது. எனவே சராசரி ஊர்ப் பொழுதுகளிலும் வேறுபாடு இருக்கும். ஒரே நாட்டிலுள்ள இரு நகரங்களிலுள்ள நடைமுறைக் கடிகாரங்கள் ஒரே தருணத்தில் இரண்டு விதமான நேரங்களைக் காட்டினல் சில குழப்பங்கள் ஏற்படும். எனவே ஒவ்வொரு நாடும் தனக்கென ஒரு நியம நெட்டாங்கைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொண்டு அந்நியம நெட்டாங்கிற்குரிய சராசரி ஊர்ப்பொழுதை அந் நாட்டிலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் பின்பற்றும். இவ்வாறு பின்பற்றப்படும் நேரத்திற்கு நியம நேரம் என்பது பெயர்.

இந்திய நாட்டிற்கு நியம நெட்டாங்கு $87\frac{1}{2}°$ கி.

எனவே இந்திய நியம நேரம் = கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரம் + $5\frac{1}{2}$ மணிகள்.

இத்தகைய நியம நேரத்தை ஒரு நாடு பின்பற்றுவதால் ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், அந் நாட்டிலுள்ள எல்லா நடைமுறைக் கடிகாரங்களும் ஒரே நேரத்தைக் காட்டும்.

(4) உலகத் தேதி வரை (International date line)

கிரீனிச்சிலிருந்து கிழக்கே செல்லச் செல்ல ஊர்ப் பொழுது கூடும்; மேற்கே செல்லச் செல்ல ஊர்ப் பொழுது குறையும். எடுத்துக்காட்டாக கிரீனிச்சில் ஜனவரி மாதம் 2-ம் தேதி 2 மணி என்ற தருணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். அத் தருணத்தில் 15° கி. நெட்டாங்குள்ள இடத்தில் ஜனவரி மாதம் 2-ம் தேதி 3 மணியாகும். 180° கி. நெட்டாங்குள்ள இடத்தில் ஜனவரி மாதம் 2-ம் தேதி 14 மணியாகும். 15° மே. நெட்டாங்குள்ள

இடத்தில் ஜனவரி மாதம் 2-ம் தேதி ஒரு மணியாகும். 180° மே. நெட்டாங்குள்ள இடத்தில் ஜனவரி மாதம் 1-ம் தேதி 14 மணியாகும். ஆனால் 180° மே. என்பதும் 180 கி. என்பதும் ஒன்றேயாகும், எனவே மேற்கு நோக்கி 180° தீர்க்கக் கோட்டைக் கடக்கும்பொழுது ஒரு தேதி கூடுகிறது. கிழக்கு நோக்கி 180° தீர்க்கக் கோட்டைக் கடக்கும்பொழுது ஒரு தேதி குறைகிறது. இக்கோட்டிற்கு தேதி வரை (Date line) என்பது பெயர். இத்தேதி வரை 180° தீர்க்கக் கோடாகும். இக்கோடு சில நாடுகள் வழியாகச் செல்கிறது.

நடைமுறையில் 180° தீர்க்கக் கோட்டிற்கு அருகில் உள்ள, எந் நாட்டையும் வெட்டிச் செல்லாத, ஒரு கோட்டைத் தேதி வரையாகக் கொண்டுள்ளனர். இக்கோட்டிற்கு உலகத் தேதி வரை என்பது பெயர்.

170. (ii) **ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கைக் காணல்**

முதலாவது வழி

(கிரீனிச் கடிகாரத்தைப் பயன்படுத்தி நெட்டாங்கைக் காணல்)

கிரீனிச் கடிகாரம் கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தைக் காண்பிக்கும் குறிப்பிட்ட இடத்தின் சராசரி ஊர்ப் பொழுதைக் குறிப்பிட்ட தருணத்தில் கவனிக்க வேண்டும். கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்திற்கும், குறிப்பிட்ட இடத்தின் சராசரி ஊர்ப் பொழுதிற்கும் உள்ள வேறுபாடு அவ்விடத்தின் நெட்டாங்காகும் இது கால அளவையில் இருக்கும். ஊர்ப் பொழுது கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தைவிட அதிகமாக அல்லது குறைவாக இருப்பதைப் பொறுத்து அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு கிழக்கு நெட்டாங்காக அல்லது மேற்கு நெட்டாங்காக இருக்கும்.

171. **இரண்டாவது வழி**

(மின்சாரத் தந்தி மூலம் நெட்டாங்கைக் காணல்)

மின்சாரத் தந்தியைப் பயன்படுத்தி ஈரிடங்களிடையேயுள்ள நெட்டாங்குகளின் வேறுபாட்டைக் கணிக்கலாம்.

A, *B* என்ற ஈரிடங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். அவ்விடங்கள் மின்சாரத் தந்தியால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன எனக் கருதுவோம். ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீன் *A* என்ற இடத்தில் உச்சி வட்டத்தைக்கடக்கும்பொழுது, கால வரைபடத்திலுள்ள பித்தானை அழுத்தவும். இந்த அடையாளம் (signal) *B* என்ற இடக்கை x

காலத்தில் அடையட்டும். அப்பொழுது A, B என்ற இடங்களில் ஊர்ப் பொழுதுகளைக் கவனிக்கவும். அவை t_1, t_2 ஆகியவைகளாக இருக்கட்டும். அதே விண்மீன் B என்ற இடத்தில் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும்பொழுது கால வரைபடத்திலுள்ள பித்தானை அழுத்தவும். இந்த அடையாளம் x காலத்தில் A என்ற இடத்தை அடையும். அப்பொழுது A, B என்ற இடங்களின் ஊர்ப் பொழுதுகள் T_1, T_2 ஆக இருக்கட்டும். A என்ற இடத்தின் ஊர்ப் பொழுது t_1 ஆக இருக்கும்பொழுது B என்ற இடத்தின் ஊர்ப் பொழுது $t_2 - x$ ஆகும். B என்ற இடத்தின் ஊர்ப் பொழுது T_2 ஆக இருக்கும்பொழுது A என்ற இடத்தின் ஊர்ப் பொழுது $T_1 - x$ ஆகும். A, B ஆகிய இடங்களின் நெட்டாங்குகளின் (கால அளவைகளில்) வேறுபாடு L ஆகட்டும்.

$$\therefore \quad L = (t_2 - x) - t_1$$

$$L = T_2 - (T_1 - x)$$

$$\therefore \quad 2L = T_2 - T_1 + t_2 - t_1$$

$$\therefore \quad L = \frac{1}{2}[T_2 - T_1 + t_2 - t_1]$$

172. மூன்றாவது வழி : வானொலி நேர அடையாளங்கள் மூலம் நெட்டாங்கைக் காணல்

குறிப்பிட்ட கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தில் ஒரு வானொலி நிலையத்திலிருந்து வானொலி நேர அடையாளங்களை (radio time signals) ஒலி பரப்புவர். நெட்டாங்கைக் காண வேண்டிய இடத்தில் அந் நேர அடையாளங்களைப் பெறுவர். இதனால் கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரம் தெரியும். சராசரி ஊர்ப் பொழுதிற்கும் கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு அவ்விடத்தின் நெட்டாங்காகும்.

173. நான்காவது வழி : திங்களின் தூரங்களிலிருந்து நெட்டாங்கைக் காணல்

திங்களின் பாதையிலுள்ள ஓர் ஒளி மிகுந்த விண்மீனை எடுத்துக் கொள்வோம். விண்மீனுக்கும் திங்களின் ஒரு விளிம்பிற்கும் இடையே உள்ள கோண தூரத்தை அளந்து கொள்ளவும். திங்களின் கோண விட்டத்தையும் அளந்து, விண்மீனுக்கும் திங்களின் மையத்திற்குமிடையே உள்ள கோண தூரத்தைக் கவனிக்கவும். கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தில் ஒவ்வொரு

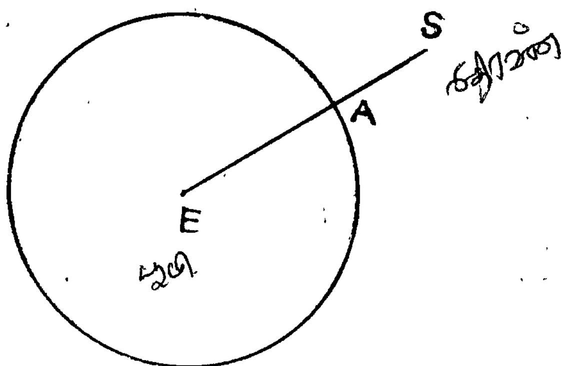
மூன்று மணி காலத்திற்கும் திங்களின் மையத்திற்கும் சில ஒளி மிகுந்த விண்மீன்களுக்கும் இடையேயுள்ள கோண தூரம் மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. விண்மீனுக்கும் திங்களின் மையத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தைக் கொண்டு கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தைக் கணிக்கலாம். பின்னர் அவ்விடத்தின் சராசரி பொழுதைக் கொண்டு அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காணலாம்.

174. ஐந்தாவது வழி : ஒரு தெரிந்த விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரத்தைக் கொண்டு நெட்டாங்கைக் கணித்தல்

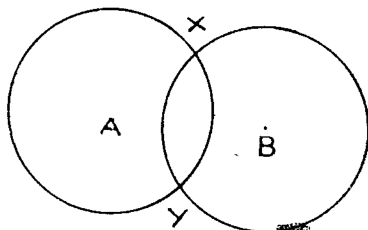
ஒரு தெரிந்த விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள மீன்வழி நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். இது விண்மீனின் வல ஏற்றத்திற்குச் (α) சமமாகும். கிரீனிச் கடிகாரத்திலிருந்து விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள கிரீனிச் சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அந் நேரத்திற்குரிய கிரீனிச் மீன்வழி நேரத்தைக் கவனிக்கவும். இது t ஆகட்டும்.

∴ அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு $= t \sim \alpha$ ஆகும்.

174. (a) கடலில் கப்பலின் நிலையைக் குறித்தல் : சம்னரின் முறை (Captain Sumner's method)



படம் 132 (i)



படம் 132 (ii).

படத்தில் E பூமி மையம். SE ஞாயிற்றையும் பூமியையும் சேர்க்கும் நேர் கோடு. அந்த நேர் கோடு பூமியின் பரப்பை A-ல் வெட்டுகிறது. A ஞாயிற்றின் நேர் கீழ்ப் புள்ளி (sub solar point).

ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் எங்கேயோ உள்ள ஒரு கப்பலின் நிலையைக் குறிக்க முற்படுகிறோம். கப்பலில் கிரீனிச் கடிகாரம் காட்டும் சராசரி ஞாயிற்றின் நேரம் t என்க. நாவிகப் பஞ்சாங்கத்தின் உதவியால் அந்தத் தருணத்தில், ஞாயிற்றின் நடுவரை விலக்கத்தைக் கணிக்கலாம். அம்மதிப்பை 'δ' என்க. அத் தருணத்தில் கிரீனிச் தோற்ற ஞாயிற்று நேரம் $= t + E$ (இங்கு E என்பது காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு ஆகும்.) A என்ற நேர் கீழ்ப் புள்ளியின் தோற்ற ஞாயிற்று நேரம் $= 12$ மணி. எனவே A-ன் நெட்டாங்கு $= \{12 - (t + E)\}$ மணி.

A-ன் அகலாங்கு$= \delta$ ($\because \phi = Z + \delta$. இங்கு $Z = 0$).

அத் தருணத்திற்குரிய நேர் கீழ்ப் புள்ளியைக் குறித்து விடலாம். மாலுமி தன்னிடமுள்ள வானாய்வுக் கருவிகளைக் கொண்டு ஞாயிற்றின் கோண வேற்றத்தையும், திசை வில்லையும் கணிக்க வேண்டும். ஞாயிற்றின் உச்சித் தூரம் Z எனக் கொள்க. இப்பொழுது நேர்க் கீழ்ப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு கோண ஆரமாகக் கொண்டு ஒரு சிறு வட்டம் வரைக. இந்த வட்டத்தின் மேல்தான் கப்பல் இருக்கும். இந்த வட்டத்தை 'இருப்பிடத்தைக் குறிக்கும் வட்டம்' (circle of position) எனச் சொல்கிறோம். சிறிது நேரம் கழித்து இதே மாதிரியான மற்றொரு வட்டத்தை வரைவோம். இவ்விரண்டு வட்டங்களும் வெட்டும் இரு நிலைகளில் ஓரிடத்தில் கப்பல் இருக்கும். தோராயமாகக் கப்பல் இருக்கும் நிலை அவனுக்குத் தெரியுமாதலால், எளிதில் கப்பல் இருக்கும் இடத்தைக் குறிப்பிட முடியும்.

இவ்வாறு கப்பலின் நிலையைக் கடலில் குறிக்கும் முறைக்குச் சம்னரின் முறை என்பது பெயர்.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஒரு குறிப்பிட்ட நாளின் தோற்ற நண்பகலில் ஒரு கப்பலின் தளத்தில் கீழ்க்கண்டவை கண்டறியப் பட்டன. கிரீனிச் கடிகார நேரம் $= 14^{ம.}\ 30^{நி.}\ 26^{வி.}$ மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்து அந்நாளில் கிரீனிச் நண்பகலில் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு $= -7^{ம.}\ 38{\cdot}6^{வி.}$ ஒவ்வொரு மணிக்கும் சமன்பாட்டில் ஏற்படும் மாறுபாடு $= -0^{வி.}{\cdot}54$. ஊர்ப் பொழுதையும் கப்பலின் நெட்டாங்கையும் காண்க.

கண்டறியும் நேரத்தில் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு

$$= 7^{ம.}\ 38{\cdot}6^{வி.} - \left(4513 \times \frac{0{\cdot}54^{வி.}}{1800}\right)$$

$$= -7^{ம.}\ 39^{வி.}{\cdot}95$$

சராசரி ஊர்ப் பொழுது = தோற்ற நேரம் $- E$.

$$= 12^{ம.}\ 7^{நி.}\ 39^{வி.}{\cdot}75$$

கிரீனிச் சராசரி நேரம் $= 14^{ம.}\ 30^{நி.}\ 26^{வி.}$

∴ கப்பலின் நெட்டாங்கு $= 2^{ம.}\ 22^{நி.}\ 46^{வி.}{\cdot}05$ மே.

2. $5°\ 41'$ மே. நெட்டாங்குள்ள ஓரிடத்தில், கிரீனிச் சராசரி நேரத்தில், முற்பகல் $9^{ம.}\ 27^{நி.}$ -க்கும் பிற்பகல் $3^{ம.}\ 1^{நி.}\ 40^{வி.}$ -க்கும் ஒரு நிலைக்குத்தான கோலின் நிழலின் நீளங்கள் சமமாக இருந்தனவெனில், அந்த நாளின் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு $8^{நி.}\ 20^{வி.}$ எனக் காட்டுக.

முற்பகல் $9^{ம.}\ 27^{நி.}$ -க்கும், பிற்பகல் $3^{ம.}\ 1^{நி.}\ 40^{வி.}$ -க்கும் ஞாயிற்றின் கோணவேற்றங்கள் சமமாக இருந்தன.

∴ ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கும் பொழுதுள்ள கிரீனிச் சராசரி நேரம் $= \frac{1}{2}(9^{ம.}\ 27^{நி.} + 3^{ம.}\ 1^{நி.}\ 40^{வி.}$

$$= 12^{ம.}\ 14^{நி.}\ 20^{வி.}$$

கிரீனிச் தோற்ற நேரம் = தோற்ற ஊர்ப் பொழுது

$$+ \frac{1}{15}(5^{ம.}\ 40^{நி.})$$

$$= 12^{ம.}\ 22^{நி.}\ 40^{வி.}$$

காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு = கிரீனிச் தோற்ற நேரம்

— கிரீனிச் சராசரி நேரம்

$$= 8^{நி.}\ 20^{வி.}$$

3. சராசரி ஊர்ப் பொழுது $3^{ம.}\ 50^{நி.}\ 20^{வி.}$-க்கு ஒரு விண் மீனுக்கும் திங்களின் மையத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோண தூரம் $66°\ 20'\ 10''$ ஆகும். மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்து, நண் பகலிலும் மூன்று மணிக்கும் விண்மீன்களின் தூரங்கள் முறையே $65°\ 10'\ 40''$, $66°\ 43'\ 20''$ எனின் அவ்விடத்தின் நெட்டாங் கைக் கண்டுபிடி.

ஒவ்வொரு மணிக்கும் விண்மீனிலிருந்து திங்களின் மையத் தின் கோண தூரத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு

$$= \frac{1}{3}(66°\ 43'\ 20'' - 65°\ 10'\ 40'')$$

$$= \frac{278'}{3}$$

கோண தூரம் $66°\ 20'\ 10''$-லிருந்து $66°\ 43'\ 20''$-க்கு மாற ஆகும் நேரம் = $45^{நி.}$

ஊர்ப்பொழுது $3^{ம.}\ 50^{நி.}\ 20^{வி.}$ ஆக இருக்கும்பொழுது

கிரீனிச் நேரம் = $3^{ம.} - 45^{நி.}$

$$= 2^{ம.}\ 15^{நி.}$$

அவ்விடத்தின் அகலாங்கு = $3^{ம.}\ 50^{நி.}\ 20^{வி.} - 2^{ம.}\ 15^{நி.}$

$$= 1^{ம.}\ 35^{நி.}\ 20^{வி.}$$

$$= 23°\ 50'\ கி.$$

4. கீழ்க்கண்ட புள்ளி விவரங்களிலிருந்து A, B ஆகிய இரண்டு இடங்களின் நெட்டாங்குகளின் வேறுபாட்டைக் காண்க.
சூன் 1: A-ல் ஊர்ப் பொழுதைவிடக் கிரீனிச் கடிகார நேரத்தின்

அதிகம் $= 5^{ம\cdot}\ 52^{நி\cdot}\ 7^{வி\cdot}\cdot5$

சூன் 8: B-ல் ,, ,, $= 5^{ம}\ 52^{நி\cdot}\ 29^{வி\cdot}\cdot2$

சூன் 14: B-ல் ,, ,, $= 5^{ம\cdot}\ 52^{நி\cdot}\ 49^{வி\cdot}$

சூன் 21: A-ல் ,, ,, $= 5^{ம\cdot}\ 56^{நி\cdot}\ 10^{வி\cdot}\cdot7$

20 நாட்களில் கிரீனிச் கடிகாரத்தில் ஏற்படும் முடுக்கம்

$$= 5^{ம\cdot}\ 56^{நி\cdot}\ 10^{வி\cdot}\cdot7 - 5^{ம\cdot}\ 45^{நி\cdot}\ 75^{வி\cdot}$$
$$= 11^{நி\cdot}\ 3^{வி\cdot}\ 2$$

B-ல் 6 நாட்கள் இருக்கும்பொழுது கிரீனிச் கடிகாரத்தில் ஏற்படும் முடுக்கம் $= 19^{வி\cdot}\cdot8$

14 நாள் பயணத்தின்பொழுது கிரீனிச் கடிகார நேரத்தில் ஏற்படும் முடுக்கம் $= 10^{நி\cdot}\ 43^{வி\cdot}\cdot4$

சூன் 8-ல், A-ல் ஊர்ப் பொழுதைவிட கிரீனிச் கடிகார நேரத்தின் அதிகம் $= 5^{ம\cdot}\ 45^{நி}\ 7^{வி\cdot}\cdot5 + \frac{1}{2}(10^{நி\cdot}\ 43^{வி\cdot}\cdot4)$

$$= 5^{ம\cdot}\ 50^{நி\cdot}\ 29^{வி\cdot}$$

சூன் 8-ல், B-ல் ஊர்ப் பொழுதை விடக் கிரீனிச் கடிகார நேரத்தின் அதிகம் $= 5^{ம\cdot}\ 52^{நி\cdot}\ 29^{வி\cdot}\cdot2$

A, B ஆகிய இடங்களின் ஊர்ப் பொழுதுகளின் வேறுபாடு

$$= 5^{ம\cdot}\ 52^{நி\cdot}\ 29^{வி\cdot}\cdot2 - 5^{ம\cdot}\ 50^{நி\cdot}\ 29^{வி\cdot}\cdot2$$
$$= 2^{நி\cdot}$$

$\therefore$ AB ஆகிய இடங்களின் நெட்டாங்குகளின் வேறுபாடு

$$= 15 \times 2'$$
$$= 30'$$

பயிற்சி 19

1. ஓரிடத்தில் கப்பலில் கிரீனிச் கடிகாரம் $3^{ம.}$ $20^{நி.}$ பிற்பகலும், $4^{ம.}$ $40^{நி.}$ பிற்பகலும் காட்டும்பொழுது ஞாயிற்றின் கோண வேற்றங்கள் ஒன்றாக இருந்தன. அந்நாளில் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு -8 ஆகும். அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காண்க.

2. மார்ச்சு 15ஆம் தேதி சுபைகாவின் (வ. ஏ. $13^{ம.}$ $22^{நி.}$) கோண வேற்றங்கள் சமமாக இருந்தன.

சுபைகாவின் கோண ஏற்றம்	கிரீனிச் கடிகார நேரம்	
	உச்சி வட்டத்திற்குக் கிழக்கே இருக்கும்பொழுது	உச்சி வட்டத்திற்கு மேற்கே இருக்கும்பொழுது
$104°$	$10^{ம.}$ $20^{நி.}$ $5^{வி}$	$14^{ம.}$ $40^{நி.}$ $38^{வி.}$
$104°$ $10'$	$10^{ம.}$ $20^{நி.}$ $28^{வி.}$	$14^{ம.}$ $40^{நி.}$ $10^{வி.}$
$104°$ $20'$	$10^{ம.}$ $20^{நி.}$ $54^{வி.}$	$14^{ம.}$ $39^{நி.}$ $42^{வி.}$

மார்ச்சு 15 ஆம் தேதி கிரீனிச்சில் சராசரி நள்ளிரவின் பொழுது மீன் வழி நேரம் $23^{ம.}$ $33^{நி.}$ $5^{வி.}$ ஆகும். கிரீனிச் கடிகாரத்தின் பிழை $2^{நி.}$ $36^{வி.}\cdot5$ அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காண்க.

3. ஓரிடத்தில் தோற்ற நண்பகலின் பொழுது கிரீனிச் சராசரி நேரம் $5^{ம.}$ $4^{நி}$ $31^{வி.}$ ஆகும். அந்நாளில் காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு $+$ $6^{ம.}$ $12^{வி.}$ ஆகும். அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காண்க.

4. கடலில் கப்பலின் நிலையைக் குறிக்கப் பயன்படும் சம்னரின் முறையை விளக்குக.

5. ஞாயிற்றின் நேர்க் கீழ்ப் புள்ளி என்றால் என்ன ? ஏப்ரல் 21-ம் தேதி இந்திய நியம நேரம் $8^{ம.}$ $30^{வி.}$ முற்பகல் ஆகில், ஞாயிற்றின் நேர்க் கீழ்ப் புள்ளி இருக்குமிடத்தைக் காண்க.

௬. ஒரு தருணத்தில் ஓரிடத்தின் ஊர்ப் பொழுதைக் கணிக்கும் முறையை விளக்குக.

7. ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கு காணும் முறைகளில் ஏதாமொரு முறையை விளக்குக.

8. திங்களின் தூரத்தைக் கொண்டு ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கைக் காணும் முறையை விளக்குக

௯. தோற்ற நண்பகலில் கிரீனிச் கடிகாரம் காட்டும் நேரம் $19^{\text{ம.}}\ 33^{\text{நி.}}\ 25^{\text{வி.}}$ காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு $2^{\text{நி.}}\ 1^{\text{வி.}}$ அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கைக் காண்க.

14. திங்கள்

(The Moon)

175. பூமியில் வாழும் நமக்கும் திங்களுக்கும் மிகுந்த தொடர்புண்டு. நமக்கு வானவெளியில் இயற்கையிலேயே அமைந்த ஒரே ஒரு துணைக்கோள் திங்களாகும்.

மிகுந்த ஆராய்ச்சியின் பயனாக உருசியாவும், அமெரிக்காவும் போட்டி போட்டுக் கொண்டு வானவெளிக் கப்பல்களை (space crafts or space ships) வானில் அனுப்பி, திங்களுக்கு மிக அருகில் சென்று பல படங்களைப் பிடித்து நமக்குத் தந்துள்ளன. இந்த நாடுகள் செய்த அரிய சாதனைகளை நினைவு படுத்திக் கொள்வோமெனில், 1965-ல் அமெரிக்க ரேஞ்சர் IX (U. S. Ranger IX) திங்களுக்கு மிக அண்மையில் (225 கி. மீ., 105 கி. மீ., 20 கி. மீ.) சென்று திங்களின் பின்பக்கத்தின் படங்களையும், மற்றும் திங்கள் தரையைப் பற்றிப் பல தகவல்கள் கொடுக்கும் வகையில் உள்ள படங்களையும் அனுப்பியது. உருசியாவின் விண்வெளிக் கப்பல் லூனா III (Luna III)-ம், சாண்ட் (Zond III)-ம் நம் கண்ணுக்குப் புலனாகாத சந்திரனின் மறுபக்கத்தைப் படம் பிடித்து நமக்குத் தந்துள்ளன. 1966-ல் சிறப்பாக விண்வெளி ஊர்தி லூனா IX (Luna IX) திங்கள் தரையிலேயே இறங்கி புகைப் படங்களுடன் மற்ற விஞ்ஞானக் குறிப்புகளையும் நமக்கு அனுப்பி வைத்தது. உருசியர்கள் தொடர்ந்து ஆராய்ச்சி நடத்திக் கொண்டுள்ளனர். அண்மையில் 'திங்கள் கார்' (Luna Khod) ஒன்றைத் திங்கள் தரையில் வைத்துள்ளனர்.

அமெரிக்க விண்வெளி ஆராய்ச்சியாளர்கள் உருசியாவை மிஞ்சிவிட்டார்கள்; 1969-ம் ஆண்டில் அப்போலோ XI, அப்போலோ XII, (Apollo XI, Apollo XII) என்ற விண்வெளிக் கப்பல்களை மனிதர்களுடன் அனுப்பித் திங்கள் தரையில் இறங்கச் செய்தார்கள், அவர்கள் திங்கள் தரையில் சிறிது நேரம் தங்கி



படம் 132 (a).

திங்கள் : 100 அங்குலத் தொலைநோக்கி மூலம் எடுக்கப்பட்ட நிழற்படம்

திங்கள் பாறைகளை வெட்டி எடுத்துக் கொண்டு உயிருடன் திரும்பி வந்துள்ளனர். இக்கற்களைப் பரிசோதனைக்குட்படுத்தியுள்ளார்கள். 1971-ல் அப்போலோ XIV என்ற விண்வெளிக் கப்பல் திங்களில் இறங்கியது. தொடர்ந்து உருசியாவும், அமெரிக்காவும் திங்கள் ஆராய்ச்சியில் மிகுந்த ஊக்கத்துடன் ஈடுபட்டிருப்பதால், சில ஆண்டுகளிலேயே திங்களில் குடியேறுவது பற்றிய தகவல்கள் வந்தாலும் வியப்படைய வேண்டியதில்லை என்ற அளவுக்கு மக்கள் மனதில் ஆர்வமும் நம்பிக்கையும் வளர்ந்துள்ளன.

176. நமக்கும் திங்களுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் ஏறத் தாழ 3,84,000 கி.மீ. (அல்லது 2,40,000 மைல்கள் ஆகும். திங்கள் பூமியைப் போல் கோள வடிவமுடையது. அதன் ஆரம் சுமார் 1,080 மைல்கள். அதன் சராசரி புவி மையத் தோற்றப் பிழை 57′ 2″·7 ஆகும். அதன் சராசரி அடர்த்தி எண் $3\frac{1}{3}$ ஆகும். அதன் திண்மை புவியின் திண்மையில் $\frac{1}{38}$ பங்காகும். திங்களின் கோண ஆரம் மாறிலி அல்ல. அது சில வரம்புகளுக்குள் மாறு



படம் 132 (b).

திங்களின் மறுபக்கம் :- சோவியத் யூனியனின் லூனிக் III (Lunik III) மூலம் 1959 அக்டோபரில் எடுக்கப்பட்ட நுழறபடம்.

கிறது. ஆகையால் பூமியைச் சுற்றி வருகையில் திங்களின் பாதை சீரான வட்டமல்ல. ஆனால் நீள் வட்டமாகத்தான் இருக்க வேண்டுமென நாம் ஊகிக்கலாம். மீப்பெரு, மீச்சிறு கோண ஆரத்தின் மதிப்புகளைக் கொண்டு திங்கள் ஒழுக்கின் குவிமையப் பிறழ்வு $\frac{1}{10}$ எனக் கண்டுள்ளார்கள். கோண ஆரம் தனது மாறுதல்களைக் குறிப்பிட்ட கால வட்டத்தில் பெறுகிறது. அதாவது $27\frac{1}{3}$ நாளில் சீராக அதன் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. அதனால் திங்களின் மீன்வழி மாதம் சுமார் $27\frac{1}{3}$ நாட்கள் எனக் குறிப்பிடலாம். அதாவது திங்கள் பூமியைச் சுற்றிவர $27\frac{1}{3}$ நாட்கள் ஆகும். இதை 'மீன் வழி மாதம்' (sideral month of the

moon) எனச் சொல்கிறோம். இந்தக் காலம் நுண்ணியமாக 27 நாட்கள் 7 மணி 43 நிமிடங்கள் 11·5 விநாடிகள் ஆகும். ஆகவே திங்கள் பூமியைச் சுற்றி நிலையான விண்மீன்களைப் பொறுத்து மேற்கிலிருந்து கிழக்காக நாளொன்றுக்கு 13°·2 செல்கிறது.

ஒரு மீன்வழி மாதத்தில் ஏற்படும் திங்களின் நிலைகளை வானக் கோளத்தில் குறித்தால், அந் நிலைகள் யாவும் ஒரு பெரு வட்டத்தில் அமையும். திங்களின் பாதைத் தளத்திற்கும் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் 5° 9′ ஆகும். திங்களின் பாதை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையை வெட்டும் இடங்களைக் 'கோள் சந்திகள்' (nodes) எனச் சொல்கிறோம். இரு கோள் சந்திகள் உள்ளன. ஒன்றை ஏறு கோள் சந்தி (ascending node) என்றும், மற்றொன்றை இறங்கு கோள் சந்தி (descending node) என்றும் குறிப்பிடுகின்றோம். இவைகளைப் பழங் காலத்தில் நம் முன்னோர்கள் 'இராகு' என்றும், 'கேது' என்றும் குறிப்பிட்டுள்ளனர். ஏறு கோள் சந்தியை 'இராகு' என்றும். இறங்கு கோள் சந்தியைக் 'கேது' என்றும் குறிப்பிட்டனர். ஞாயிறும், திங்களும் இக் கோள் சந்திகளுக்கிடையே வரும் பொழுது முழு நிலவோ (full moon) அல்லது இருள் நிலவோ (new moon) ஏற்படுமானால் ஒரு 'திங்கள் மறைப்போ' (lunar eclipse) அல்லது 'ஞாயிறு மறைப்போ' (solar eclipse) ஏற்படக் கூடிய சூழ்நிலை உருவாகும். இதைப் பற்றி விளக்கமாக அடுத்தப் பத்தியில் பார்ப்போம்.

திங்கள் பாதையின் சாய்வால் சில சிக்கல்கள் (வான ஆராய்ச்சியின்போது) ஏற்படும்பொழுது (எடுத்துக்காட்டாக சம இரவுப் புள்ளியின் பின்னகர்ச்சியும் அச்சலைவும் என்ற பகுதியில்) திங்கள் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையிலேயே இறங்குவதாகச் சொல்கிறோம். திங்கள் மிகவும் வேகமாக ஞாயிற்றுப் பாதையில் செல்கிறது எனக் கொள்வோம். திங்கள் பூமிக்கு அண்மையில் இருக்கும்பொழுது அது அண்மை நிலை (perigee) யில் உள்ளது எனவும், சேய்மையில் உள்ளபொழுது அது 'சேய்மை நிலை' (apogee) யில் உள்ளது எனவும் சொல்கிறோம்.

ஞாயிறு விண்மீன்களைப் பொறுத்துத் தினந்தோறும் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக சுமார் 1° அளவில் நகர்கிறது. திங்கள் அதே பாதையில் சுமார் 13°·2 அளவில் தினந்தோறும் நகர்கிறது. ஆகவே நாளொன்றுக்கு ஞாயிற்றிலிருந்து திங்கள் 12°·2 பிரிந்து செல்லும் எனக் காண முடிகிறது. திங்களின் கோண விட்டத்தின்

சராசரி மதிப்பு 30′ ஆகும். திங்கள் ஞாற்றிலிருந்து ஒவ்வொரு மணிக்கும் 30′ வீதம் பிரிந்து செல்கிறது. அதாவது தன் கோண விட்ட அளவிற்குப் பிரிந்து செல்கிறது எனச் சொல்கிரோம்.

177. (i) **திங்களின் மீன்வழி மாதம்** (Sideral month of the moon)

விண்மீன்களைப் பொறுத்து, திங்கள் பூமியைச் சுற்றி வரும் கால வட்டம் 'ஒரு மீன்வழி மாதம்' எனப்படும். இதை 'S' என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவோம். இதன் கால அளவை $27\frac{1}{3}$ நாட்கள் ஆகும்.

(ii) **திங்களின் ஞாயிற்றின்வழி மாதம்** (Lunation or synodic month) **எனச் சொல்கிரோம்**

இதை 'L' என்ற எழுத்தால் குறிட்பிடுகிரோம். இந்த மாதத்தின் கால அளவை 29·5 நாட்கள்.

(iii) **ஒரு திசைநிலை** (Conjunction)

ஞாயிறும், திங்களும் ஒரே நெட்டாங்கைப் பெறுகையில் திங்கள் ஞாயிற்றுடன் ஒரு திசைநிலையில் உள்ளது எனச் சொல்கிரோம். அவ் வேளையில் திங்களை 'இருள்மதி' அல்லது 'அமாவாசை' (New moon) என்று குறிப்பிடுகின்ரோம்.

(iv) **எதிர்த் திசைநிலை** (Opposition)

ஞாயிறு, திங்கள் ஆகியவற்றின் நெட்டாங்குகள் 180° அளவில் வேறுபட்டால் திங்கள் ஞாயிற்றின் 'எதிர்த்திசை நிலை'யில் உள்ளது எனச் சொல்கிரோம். அவ் வேளையில் திங்களை 'முழுமதி' அல்லது 'பௌர்ணமி' (full moon) எனச் சொல்கிரோம்.

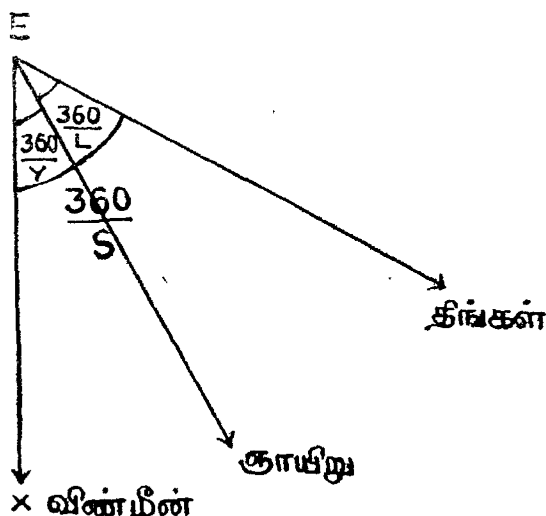
எனவே இரண்டு அடுத்தடுத்த இருள் மதிகளுக்கோ அல்லது இரண்டு அடுத்தடுத்த முழுமதிகளுக்கோ இடைப்பட்ட காலத்தைத் 'திங்களின் ஞாயிற்றுவழி மாதம்' எனச் சிறப்பாகச் சொல்கிரோம்.

(v) **திங்களின் வயது** (The age of moon)

இருள்மதி நாளிலிருந்து கடந்துள்ள நாட்களின் எண்ணிக்கை திங்களின் வயதாகும் இருள் மதியன்று திங்களும் ஞாயிறும் ஒரே திசையில் இருக்கின்றன. இருள்மதிக்குப் பிறகு ஒவ்வொரு நாளும் திங்கள் ஞாயிற்றைவிட 12°·2 பிரிகிறது. ஆகவே திங்களின் வயதை 12°·2-ல் பெருக்கினல், பெருக்கற்பலன் ஞாயிற்றிலிருந்து திங்களின் தூரத்தை ஞாயிற்றின் கிழக்குத் திசையில் குறிக்கிறது. இந்தக் கூற்றை முன்னரே பயன்படுத்தி யுள்ளோம்.

178. திங்களின் மீன்வழி மாதத்திற்கும், ஞாயிற்றுவழி மாதத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between the sideral month and the synodic month of the moon)

S. விண்மீன் மாதத்தின் நாட்களையும், L ஞாயிற்றுவழி மாதத்தின் நாட்களையும், Y ஓராண்டின் நாட்களையும் குறிக்கட்டும். விண்மீன்களின் பின்னணியில் திங்கள் S நாட்களில் பூமியைச் சுற்றி 360° வருகிறது. ஆகையால் ஒரு நாளில் திங்கள் $\frac{360^\circ}{S}$, ஏதாமொரு விண்மீனைப் பொறுத்து நகரும். அதே மாதிரி அதே விண்மீனைப் பொறுத்து ஞாயிறு ஒரு நாளில் $\frac{360^\circ}{Y}$ நகரும். ஞாயிற்றைப் பொறுத்துத் திங்கள் ஒரு நாளில் $\frac{360^\circ}{L}$ நகரும். விண்மீனை X எனக் கொள்வோம்.



படம் 133.

படத்திலிருந்து,

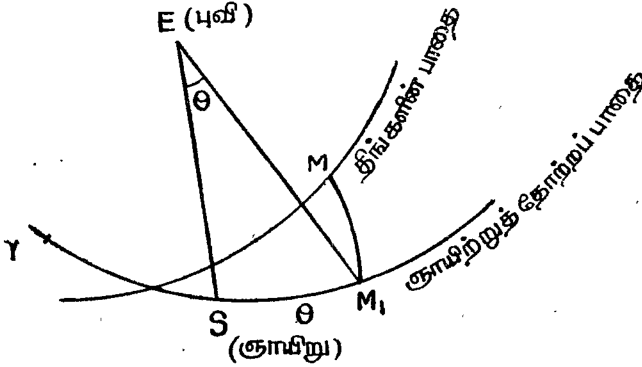
$$\frac{360^\circ}{S} = \frac{360^\circ}{Y} + \frac{360^\circ}{L}.$$

$$(\text{அ-து}) \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{L}.$$

179. திசை விலக்கம் (Elongation)

ஞாயிறு, திங்கள் ஆகியவற்றின் நெட்டாங்குகளின் வேறுபாடு திங்களின் 'திசை விலக்கம்' (elongation of the moon) என்று அழைக்கப்படுகிறது. திங்கள் ஞாயிற்றுக்குக் கிழக்குத் திசையிலிருந்தால், 'கிழக்குத் திசை விலக்கம்' (eastern elongation) என்றும், ஞாயிற்றுக்கு மேற்குத் திசையிலிருந்தால், மேற்குத் திசைவிலக்கம் (western elongation) என்றும் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

படத்தில் E-பூமி. S-ஞாயிற்றின் நிலை. M-திங்களின் பாதையில் திங்களின் நிலை.



படம் 134.

M_1 திங்களிலிருந்து ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதைக்குப் போடப்பட்ட துணைக்குத்து வட்டத்தின் அடி.

$$\text{திங்களின் திசை விலக்கம்} = \Upsilon M_1 - \Upsilon S$$

$$= SM_1$$

$$= S\hat{E}M_1$$

திங்களின் பாதையின் சாய்வைப் பொருட்படுத்தாமல் திங்கள் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை மேல் நகர்வதாகக் கொண்டால், திங்களின் திசை விலக்கம், திங்களையும், ஞாயிற்றையும் சேர்க்கும் வில் பூமியில் எதிர் கொள்ளும் கோணத்திற்குச் சமமாகும். படத்தில் $S\hat{E}M_1$ திங்களின் திசை விலக்கம் ஆகும்.

180. திங்களின் பிறையளவு (Phase of the moon)

இருள் மதிக்குப் பிறகு மூன்று நாட்கள் கழித்து ஞாயிறு மறைந்த பின், மேல் வானத்தில் நாம் திங்களை ஒரு சிறு பிறை வடிவத்தில் பார்க்கிறோம். நாளுக்கு நாள் இப் பிறை வளர்ந்து முழுமதி நாளன்று முழுத் திங்களாகத் தோற்றமளிக்கிறது. திங்கள் தட்டின் கட்புலனாகும் பகுதியின் பரப்புக்கும், முழு வட்டப் பரப்புக்கும் உள்ள விகிதத்தை, 'திங்களின் பிறையளவு' எனச் சொல்கிறோம்.

$$\therefore \text{ திங்களின் பிறையளவு} = \frac{\text{கட்புலனாகும் பகுதியின் பரப்பு}}{\text{முழு வட்டப் பரப்பு}}$$

181. திங்களின் பிறையளவைக் கணிக்கும் வாய்பாடு (Formula for calculating the phase of the moon)

திங்கள் ஓர் ஒளிரும் பொருளல்ல. அது ஓர் இருண்ட உருண்டை. ஞாயிற்றின் ஒளி அதன் மேல் படுவதால் அது ஒளி பெறுகிறது. அவ்வாறு ஞாயிற்றிலிருந்து பெற்ற ஒளியை அது பூமிக்கு 'நிலாக் காட்சியாக' அளிக்கிறதென நாம் அறிவோம். ஒரு ஞாயிற்று வழி மாதத்தில் திங்களின் வெவ்வேறு அளவுள்ள பிறைகளை நாம் பார்க்கிறோம்.

படம் 135.

படத்தில், M திங்களின் மையம். S ஞாயிற்றின் மையம், E பூமியின் மையம். ACB என்ற திங்களின் பெருவட்டம் MS-க்குச் செங்குத்தான தளத்தில் அமைந்துள்ளது. AFB என்ற திங்களின்

பெருவட்டம் ME-க்குச் செங்குத்தான தளத்தில் உள்ளது. திங்கள் ஒளி பெறும் பகுதி S பக்கமுள்ள ACB என்ற அரைக்கோளமாகும். பூமியிலிருந்து திங்கள் தென்படும் பகுதி E பக்கமுள்ள AFB என்ற அரைக் கோளமாகும். எனவே பூமிக்குத் தென்படும் திங்களின் ஒளிப்பகுதி AF, FB ஆகிய வில்லளவுகளுக்குட்பட்ட $ACBFA$ என்ற கோளப்பிறை (Luna) ஆகும். இது ஆரஞ்சுப் பழச்சுளை வடிவத்தில் இருக்கும்.

AFB என்ற தளத்தில் ACB என்ற வட்டத்தின் குத்து வீச்சு (orthogonal projection), ADB எனக் கொண்டால், பூமியில் உள்ளவர்களுக்கு $AFBDA$ என்ற பரப்புப் பகுதி ஒளியுள்ளதாகத் தெரியும்.

தளங்கள் AFB-க்கும், ACB-க்கும் இடைப்பட்ட கோணம் θ எனக் கொள்வோம். $\theta = \widehat{FMC}$ ஆகும். இது EN-ன் நீட்சிக்கும் MS-க்கும் இடைப்பட்ட கோணத்திற்குச் சமமாகும்

$$\therefore \theta = \widehat{EMS}$$

அரை நீள வட்டப் பரப்பு $= \frac{\pi r^2}{2} \cos\theta$ (r திங்களின் ஆரம்)

கட்புலனாகும் பரப்பு = அரைவட்டம் $AFBM$-ன் பரப்பு
— அரைநீளவட்டம் $ADBM$-ன் பரப்பு

$$= \frac{\pi r^2}{2} - \frac{\pi r^2}{2}\cos\theta$$

$$= \frac{\pi r^2}{2}(1 - \cos\theta)$$

$$\therefore \text{பிறையளவு} = \frac{\text{கட்புலனாகும் பரப்பு } AFBDA}{\text{திங்களின் முழு வட்டப் பரப்பு}}$$

$$= \frac{\frac{\pi r^2}{2}(1-\cos\theta)}{\pi r^2}$$

$$= \frac{1}{2}(1-\cos \widehat{E'MS})$$

$$= \frac{1}{2}(1+\cos 180^\circ - E'\hat{M}S)$$

$$= \frac{1}{2}[1 + \cos E\hat{M}S].$$

$E\hat{M}S$ என்ற கோணம், M என்ற புள்ளியில் ES எதிர் கொள்ளும் கோணமாகும். அதாவது பூமி மையம் E-ம், ஞாயிற்று மையம் S-ம், திங்களின் மையம் M-ல் தாங்கும் கோணமாகிறது. இக்கோணம் திங்களிலிருந்து பார்க்கும்பொழுது 'ஞாயிற்றிலிருந்து பூமியின் திசை விலக்கமாகும்' (Elongation of the earth's centre from the sun's centre as seen from the moon's centre).

ES என்ற திசைக்கும், MS என்ற திசைக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் $10'$-க்குமேல் இராது. ஆகையால் ES-ம், MS-ம் இணைகோடுகள் எனச் சொல்லலாம்.

$$\theta = E'\hat{M}S = M\hat{E}S$$

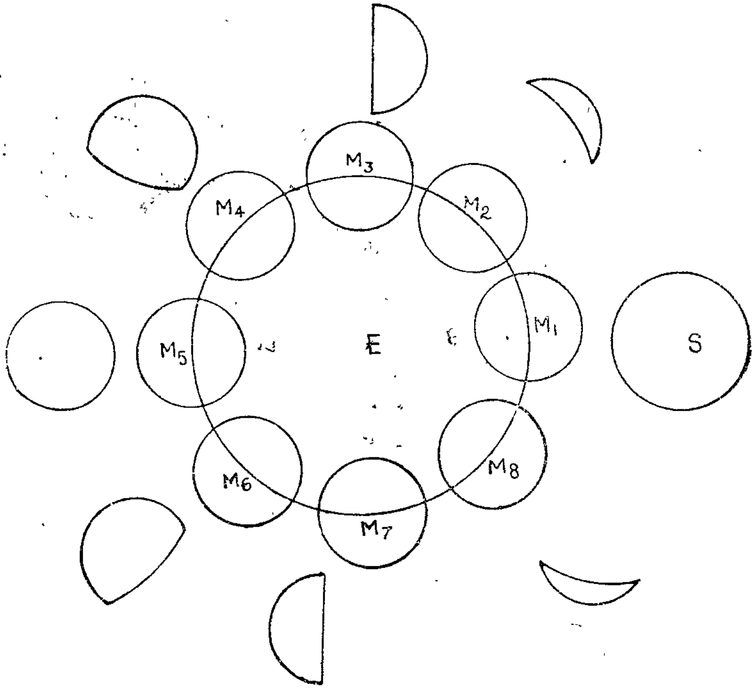
= பூமி மையத்திலிருந்து பார்க்கையில், திங்கள் மையத்திற்கும், ஞாயிற்றின் மையத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணத் தூரம்.

= திங்களின் திசைவிலக்கம்.

192. **ஒரு ஞாயிற்று வழி மாதத்தில் திங்களின் பிறைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்** (Changes in the phase of the moon in the course of a synodic month)

திங்கள் பூமியைச் சுற்றி தன் ஒழுக்கில் செல்லுகையில் ஞாயிற்றுப் பக்கம் உள்ள அதன் அரைக்கோளம் ஞாயிற்றொளி பெறும். பூமியிலுள்ள பார்வையாளருக்குத் திங்களின் எந்தப்பகுதி பூமியை நோக்கியுள்ளதோ அதுதான் தென்படும். திங்களின் ஒளியுள்ள பரப்பு முழுவதும் பூமிக்குத் தெரியாது. ஆகவேதான் வெவ்வேறு பிறைகள் உண்டாகின்றன.

திங்கள் M_1-லிருக்கும்பொழுது, அது ஞாயிற்றுடன், 'ஒரு திசைநிலை'யிலுள்ளது. இந்த நிலையில் திங்களின் ஒளி பெறாத அரைக்கோளம் பூமியை நோக்கியுள்ளது. ஆகவே திங்கள் பூமிக்குத் தென்படாது. அன்றையத் திங்களை இருள்மதி (new moon)



படம் 136.

என்கிறோம். ஞாயிற்றைப் பொறுத்து, திங்கள் ஏறத்தாழ தினசரி $12^{\circ}\cdot2$ சார் வேகத்தில் பூமியைச் சுற்றி வருகிறது. மூன்று அல்லது நான்கு நாட்களுக்குப் பிறகு திங்கள் M_2 என்ற நிலையில் இருக்கட்டும். இந்த நிலையில் திங்களின் வயது 3 அல்லது 4 நாள் ஆகும். திங்களின் ஒரு சிறு பகுதி 'பிறை வடிவத்தில்' (crescent) தெரியும். ஞாயிற்று மறைவுக்குப் பின்னர் திங்கள் மேற்கு வானத்தில் தெரியும். அன்றைய திங்களைப் 'பிறை மதி' என்கிறோம். சுமார் 7·5 நாட்களுக்குப் பிறகு M_3 என்ற நிலைக்குத் திங்கள் வரும். இந்த நிலையில் திங்கள் ஞாயிற்றிலிருந்து 90° திசை விலக்கத்தில் அமையும். இந்த நிலையில் திங்கள் அரை வட்டமாகத் தோற்றமளிக்கும். அப்பொழுது திங்களின் பிறையளவு $\frac{1}{2}$ ஆகும். இந்த நிலையில் திங்களை 'அரை மதி' (dichotomised moon) என்கிறோம். பிறகு திங்கள் M_4 என்ற நிலைக்குச் சுமார் 11 நாட்களுக்குப் பிறகு வந்து சேரும். இந்நிலையில் இதன் பிறையளவு $\frac{1}{2}$ ஐ விட அதிகமாகும். அரை வட்டப் பரப்பை விட அதிகமான பரப்பு பூமிக்குக்

தென்படும். இந்த நிலையில் திங்களைக் குமிழ் மதி (gibbous moon) எனச் சொல்கிறோம். திங்கள் மேலும் நகர்ந்து சுமார் $14\frac{3}{4}$ நாட்களுக்குப் பிறகு M_5 என்ற நிலையை அடையும். இந்த நிலையில் பூமிக்கு முழு மதியின் பரப்புத் தெரியும். இதை முழு மதி அல்லது பௌர்ணமி (full moon) எனச் சொல்கிறோம். திங்கள் M_1 நிலையிலிருந்து M_5 நிலைக்கு வரும் வரை உள்ள காலத்தைத் திங்களின் வளர் பிறைக் காலம் (waxing period of the moon) எனச் சொல்கிறோம்.

முழுத் திங்கள் M_5 நிலையைக் கடந்த பிறகு தேய ஆரம்பிக்கும். M_6 என்ற நிலையில் குமிழ் மதியாகி, M_7-க்கு வருகையில் அரை மதியாகி, M_8 நிலைக்கு வருகையில் பிறை மதியாகி, M_1 ஐ அடையும்பொழுது மீண்டும் இருள் மதியாகும். இந்தக் கால இடைவெளியை 'திங்களின் தேய் பிறைக் காலம்' (waning period of the moon) எனச் சொல்கிறோம்.

183. பிறையளவு வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தித் திங்கள் பிறைகளைக் காணல் (To discuss different phases of the moon by using the formula)

$$\text{திங்களின் பிறையளவு} = \frac{1-\cos\theta}{2}.$$

(இங்கு θ பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் ஞாயிற்றிலிருந்து திங்களின் திசை விலக்கமாகும். அதாவது $S\hat{E}M$ ஆகும்.)

(i) M_1 நிலையில், $S\hat{E}M_1 = 0°$.

பிறையளவு $\frac{1-\cos 0}{2} = \frac{1-1}{2} = 0$. திங்களின் பிறையளவு 0 ஆகும். அன்று இருள் மதி நாளாகும்.

(ii) M_2 நிலையில் θ குறுங் கோணம். $\theta < 90°$; $\cos\theta > 1$.

$\therefore$ பிறையளவு $= \frac{1-\cos\theta}{2} < \frac{1}{2}$.

(iii) M_3 நிலையில், $\theta = 90°$.

$\therefore$ பிறையளவு $= \frac{1-\cos 90°}{2} = \frac{1}{2}$.

திங்கள் அரைவட்டமாகக் காட்சியளிக்கும்.

(iv) M_4 நிலையில், $\theta > 90°$; $\cos\theta < 0$.

$$\therefore \text{ பிறையளவு } = \frac{1 - \cos\theta}{2} > \frac{1}{2}.$$

இந்த நிலையில் திங்கள் குமிழ் மதி (gibbous moon) தோற்றத்தைக் கொடுக்கும்.

(v) M_5 நிலையில், $\theta = 180°$.

$$\therefore \text{ பிறையளவு } = \frac{1 - \cos 180°}{2} = \frac{1 + 1}{2} = 1.$$

திங்களை முழுமதியாகக் காணலாம்.

ஆகவே ஞாயிற்றுவழி மாதத்தின் முற்பகுதியில் திங்கள் எல்லா அளவுள்ள பிறைகளையும் நமக்குக் காட்டும். அம் மாதத்தின் பிற்பகுதியில் திங்கள் முழுமதியிலிருந்து தேய்ந்து கொண்டே வந்து மறுபடியும் மாதம் முடிவடையும்பொழுது இருள் மதி உண்டாகும்.

184. விண்மீன்களைப் பொறுத்து பூமியைத் திங்கள் ஒரு மீன்வழி மாதத்தில் ஒரு சுற்றுச் சுற்றி வருகிறது. அவ்வாறு சுற்றுகையில் திங்கள் தன்னைத்தானே தன் அச்சைக் கொண்டு ஒருமுறை சுழலும். ஒருமுறை சுழலும் காலமும் மீன்வழி மாதமே ஆகும். ஆகவே எல்லாக் காலங்களிலும் திங்களின் ஒரே பகுதி பூமியை நோக்கியுள்ளது என்று நம்மால் அறியமுடிகிறது.

185. திங்களின் அசைவுகள் (Librations of the moon)

திங்களின் அசைவுகள் மூன்று வகைப்படும்,

(i) திங்களின் கீழ்மேல் அசைவுகள் (Librations in longitude)

(ii) திங்களின் தென்வட அசைவுகள் (Librations in latitude)

(iii) திங்களின் தினசரி அசைவுகள் (Diurnal librations)

எப்பொழுதுமே திங்களின் ஓரரைப் பகுதியைத்தான் நாம் காணமுடிகிறது. மற்றப் பகுதியைப் பற்றி தற்போது நமக்கு, தற்போதைய நிலையில் எதுவும் தெரியாது. ஆனால் வான விண்வெளி வீரர்கள் திங்களின் மறுபகுதியில் இறங்கினார்கள். புகைப்

படங்கள், கற்கள் கொணர்ந்துள்ளார்கள். நாளடைவில் திங்களின் மறுபகுதியைப் பற்றி நாம் அறியக்கூடும்.

(i) திங்களின் கீழ்மேல் அசைவுகள்

திங்களின் சுழலச்சு அதன் இயக்கப் பாதைத் தளத்திற்கு செங்குத்தாக இல்லை. 6° 30′ சாய்வில் உள்ளது. கெப்ளர் விதிப்படி திங்கள் ஒரு நீள்வட்டத்தில் செல்வதால் பூமிக்கு அண்மை நிலையில் உள்ளபொழுது சுழல் வேகம் மீப்பெரு மதிப்பையும், சேய்மை நிலையில் உள்ளபொழுது சுழல் வேகம் மீச்சிறு மதிப்பையும் பெறுகிறது. பூமிக்கு அண்மை நிலையில் திங்களின் இயக்கச் சுழல் வேகம் தன்னைத் தானே சுற்றும் சுழல் வேகத்தை விட அதிகப்படுகிறது. சேய்மை நிலையில் சுழல் வேகம் தன்னைத் தானே சுற்றும் சுழல் வேகத்தைவிடக் குறைகிறது. ஆகவே பூமிக்கு அண்மை நிலையில் திங்கள் உள்ளபொழுது திங்களின் மேற்குப் பக்கம் சிறிது அதிகமாகத் தெரிகிறது. (திங்கள் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக இயங்குகிறது) ஆனால் அந்த அளவுக்குக் கிழக்குப் பக்கம் தெரியாது. அதாவது எந்தக் குறிப்பிட்ட தருணத்திலும் திங்களின் ஓரரைப் பகுதி மட்டும்தான் நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறே சேய்மை நிலையில் திங்கள் இருக்கும்பொழுது திங்களின் கிழக்குப் பக்கம் சிறிது அதிகமாகத் தெரியும். அந்த அளவுக்கு மேற்குப் பக்கம் தெரியாது. ஆகவே ஒரு மீன்வழி மாத காலத்தில் மேற்குப் பக்கம் கொஞ்சம் அதிகமாகவும், கிழக்குப் பக்கம் கொஞ்சம் அதிகமாகவும் நம் காட்சிக்குத் தோன்றி மறையும். இந்த அசைவுகளுக்குத் திங்களின் கீழ்மேல் அசைவுகள் (librations in longitude) எனப் பெயரிட்டுள்ளார்கள்.

(ii) தென்வட அசைவுகள்

திங்களின் சுழலச்சு அதன் இயங்கு தளத்திற்கு 6°·5 சாய்வில் இருப்பதால் ஒரு தருணத்தில் அவ்வச்சின் ஒரு முனை பூமிப் பக்கம் சாய்ந்தும், மற்றொரு தருணத்தில் மற்றொரு முனை பூமிப் பக்கம் சாய்ந்தும் இருக்கும். அந்தத் தருணத்தில் அச்சின் ஒரு முனையைச் சுற்றி 6°·5 கோண அரைவட்டமுள்ள பகுதி முதலிலும் மற்றொரு முனையைச் சுற்றியுள்ள பகுதி பின்னரும் மாறி மாறி நமக்குக் காட்சியளிக்கும். இந்த அசைவுகளைத் திங்களின் தென்வட அசைவுகள் (librations in latitude) எனச் சொல்கிறோம்.

(iii) தினசரி அசைவுகள்

பார்வையாளர் பூமியின் மையத்திலிருப்பின் அவருக்கு மேற்கூறப்பட்ட அசைவுகள் தெரியும். ஆனால் பூமியின் மேற்பரப்பில்

உள்ள பார்வையாளர் தோன்றும் திங்களின் மேற்புரத்தில் 57′ அதிகமாகவும், கிழக்குப் புறத்தில் 57′ குறைவாகவும் காண்பார். அவ்வாறே மறையும் திங்களின் மேற்குப் புறத்தில் 57′ குறைவாகவும் கிழக்குப் புறத்தில் 57′ அதிகமாகவும் காண்பார். இது புவி மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக ஏற்படும் விளைவாகும். இவைகளைத் தினசரி அசைவுகள் (diurnal librations) எனச் சொல்கிறோம்.

இம்மூன்று அசைவுகளின் விளைவாக ஏறக்குறைய திங்களின் பரப்பில் 59 நூற்று வீதத்தை நாம் பார்க்க முடியும். ஆனால் குறிப்பிட்ட தருணத்தில் 50 நூற்று வீதம் மட்டுமே காட்சிக்குத் தெரியும் என்பதை நினைவிற் கொள்ள வேண்டும்.

186. திங்களின் தோற்ற நேரத்தில் ஏற்படும் முற்போக்கும் பிற்போக்கும் (Accelaration and retardation in the times of moon rise)

திங்கள் தனது பாதையில் ஏறக்குறைய $13^\circ\cdot 2$ தினசரி நகர்ந்து செல்கிறது. அதன் நடுவரை விலக்கமும், வல ஏற்றமும் வேகமாக மாறுகின்றன. நடுவரை விலக்கம் அதிகரித்தால் திங்கள் தொடு வானத்திற்குமேல் நிலவும் காலம் அதிகமாகும். நடுவரை விலக்கம் குறைந்தால், திங்கள் தொடுவானத்திற்கு மேல் நிலவும் காலம் குறையும். $[\because \cos h = -\tan\varphi + \tan\delta]$ வல ஏற்றம் அதிகமானால், திங்களின் தோற்ற நேரம் உச்சிக் கடக்கும் நேரம், மறையும் நேரம் ஆகியவை மூன்றும் பிற்போக்கடையும்.

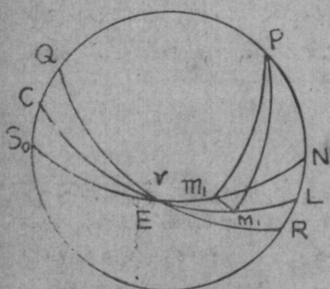
திங்கள் மேட முதற்புள்ளியைக் கடக்கும்பொழுது (1) நடுவரை விலக்கம் வேகமாக அதிகமாகிறது. (2) வல ஏற்றம் அதிகமாகிறது. அந்தத் தருணத்தில் வல ஏற்ற வளர்ச்சியினால் திங்களின் தோற்ற நேரம் பிற்போக்கடையும். ஆனால் நடுவரை விலக்கம் அதிகமாவதால், இந்தப் பிற்போக்கு ஓரளவு ஈடு செய்யப்படும். ஆனால் திங்கள் மறையும் நேரம் இரு காரணங்களாலும் பிற்போக்கடையும்.

திங்கள் துலா முதற் புள்ளியைக் கடக்கும்பொழுது (1) நடுவரை விலக்கம் வேகமாகக் குறைகிறது. (2) வல ஏற்றம் அதிகமாகிறது. இவ்விரு காரணங்களாலும் திங்களின் தோற்ற நேரம் பிற்போக்கடையும். ஆனால் திங்களின் மறைவு நேரத்தின் பிற்போக்கு ஓரளவு ஈடு செய்யப்படும்.

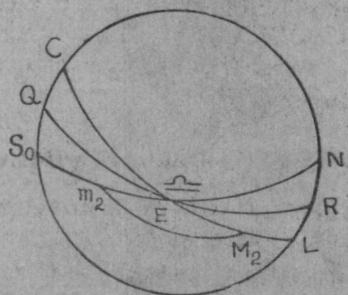
இந்த நிகழ்ச்சிகள் மாதமொருமுறை ஏற்படுகின்றன. ஆகவே தினமும் திங்களின் தோற்ற மறைவு நேரங்களில் ஏற்படும் பிற்போக்கு சீரானதல்ல. ஆனால் சராசரியாக 50 நிமி...

எனக் கூறலாம். இன்று ஞாயிறு மேற்கில் மறைந்தவுடன் கிழக்கில் திங்கள் தோன்றினால், நாளை ஞாயிறு மறைந்த பின்னர் 50 நிமிடங்கள் கழித்து, திங்கள் கிழக்கில் தோன்றும். இப் பிற்போக்கு சீரானதல்ல.

187. அறுவடை முழுமதி (Harvest moon)



(i)



(ii)

படம் 137.

செப்டெம்பர் 23-ம் தேதி இலையுதிர் காலச் சம இரவுப் புள்ளியை ஞாயிறு கடக்கிறது. அப்பொழுது முழுமதி ஏற்பட்டால் அதன் தோற்ற நேரத்தில் ஏற்படும் பிற்போக்கு மீச்சிறு மதிப்பை ஏற்கிறதெனக் காண்போம்.

மேலுள்ள படம் (i)-ல் முழுமதி ♈-ல் தோன்றுகிறது. ஞாயிறு ♎-ல் மறைகிறது. இலையுதிர் கால முழுமதிக்கு அடுத்த நாள் திங்களின் நிலை M_1 ஆகட்டும். $\gamma M_1 = 13^\circ{\cdot}2$. திங்களின் பாதை $M_1 m_1$ ஆகட்டும். இப்பாதை வான நடுவரைக்கு இணையாக உள்ளது. திங்கள் தோன்றுமிடம் m_1 ஆகும். எனவே திங்களின் தோற்ற நேரப் பிற்போக்கு $= m_1 P M_1$ (நேரக் கோணம்).

மேலுள்ள படம் (ii)-ல் முழுமதி ♎-ல் தோன்றுகிறது. ஞாயிறு ♈-ல் மறைகிறது. இளவேனிற் காலத்திற்கு அடுத்த நாள் திங்களின் நிலை M_2; திங்களின் பாதை $M_2 m_2 = QR$; திங்கள் தோன்றுமிடம் m_2; தோற்ற நேரப் பிற்போக்கு $= m_2 \hat{P} M_2$.

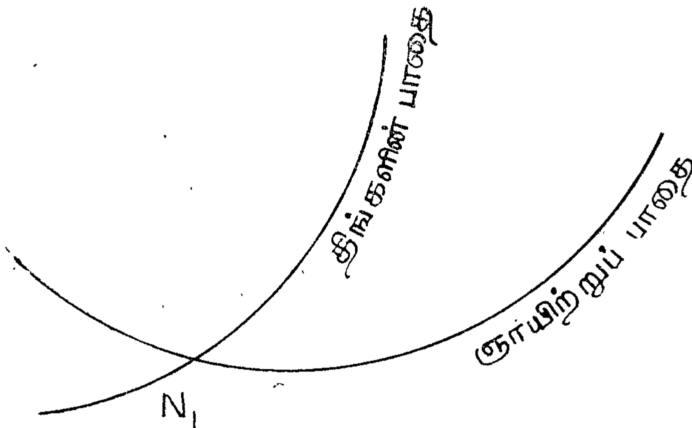
ஆகவே $m_1 \hat{P} M_1$ எனத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஆகவே இலையுதிர்கால முழுமதிக்கு அடுத்த நாள் திங்களின் தோற்ற நேரத்தில் ஏற்படும் பிற்போக்கு இளவேனிற் கால முழுமதிக்கு அடுத்த நாள் திங்களின் தோற்ற நேரத்தில் ஏற்படும் பிற்போக்கை

விடக் குறைவு. ஆகையால் இலையுதிர்கால முழுமதிக்குத் தனிச் சிறப்பு வழங்கியுள்ளனர். இக்காலம் மேனாட்டவருக்கு அறுவடை காலமாகிறது. ஆகையால் இக்காலத்தில் ஏற்படும் முழுமதிக்கு அறுவடை கால முழுமதி (harvert moon) எனப் பெயரிட்டுள் ளனர். அறுவடை காலமாகையால் பகற்காலம் குறைவு. இரவுக் காலம் அதிகம். ஞாயிறு மறைந்த பின்பு உடனேயே திங்கள் அதிக காலதாமதமின்றித் தோன்றுவதால் அறுவடை வேலைகள் தடைப்படுவதில்லை. ஆகவே உழவர்கள் மனமகிழ்ச்சி பெறுகிறுர் கள். ஆகவே இம் முழுமதிக்கு உழவர் முழுமதி எனப் பெயரிட் டுள்ளனர்.

188 வேட்டுவர் முழுமதி (Hunter's moon)

இலையுதிர் காலத்தில் அறுவடை முழுமதிக்கு அடுத்தாற்போல் வரும் முழுமதி தருணத்திலும், திங்களின் தோற்ற நேரப் பிற்போக்கு 50 நிமிடங்களுக்குக் குறைவாக இருக்கும். இதற்கு வேட்டுவர் முழுமதி எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். இது மேனாட்டவரின் வேட்டைக் காலமாகும்.

189. திங்களின் கோள் சந்திகளின் சுழற்சி (Revolution of moon's nodes)



படம் 138.

ஞாயிற்றுப் பாதையும், திங்களின் பாதையும் வெட்டும் இரண்டு இடங்களுக்குத் திங்களின் கோள் சந்திகள் என்பது பெயர் என முன்னரே கூறினேம். அவ்விரு கோள் சந்திகளும் நிலையான இடத்தில் இருப்பதில்லை. அவை ஆண்டுதோறும் 19° 21′ வலஞ்

சுழியாக ஞாயிற்றுப் பாதையின் மேல் நகர்ந்து செல்கின்றன. இவைகளின் சுழற்சிக் காலவட்டம் 6793·4 நாட்கள் அல்லது 18·6ஆண்டுகள் ஆகும். இந்தக் கோள் சந்தி மறுபடியும் ஞாயிற்றுப் பாதைமேலுள்ள N_1-க்கு வர 18·6 ஆண்டுகள் ஆகும் எனக் கணித்துள்ளனர்.

190. கோள் சந்திகளின் ஞாயிற்றுவழிக் கால வட்டம் (Synodic period of the nodes)

ஞாயிறு தன் பாதையில் ஓராண்டில் இடஞ்சுழியாக 360° செல்கிறது. திங்களின் கோள் சந்திகள் ஆண்டுதோறும் 19° 21′ ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் வலஞ்சுழியாக நகர்கின்றன. எனவே ஒரு நாளில் ஒரு கோள் சந்திக்கும் ஞாயிற்றுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் $\left(\frac{360}{365\cdot25}+\frac{19\cdot35}{365\cdot25}\right)^{\circ}$ அதிகரிக்கும்.

எனவே ஞாயிற்றைப் பொறுத்து. கோள்சந்தி 360° செல்ல ஆகும் காலம் $=\frac{365\cdot25}{379\cdot35}\times360$ நாட்கள் ஆகும். அதாவது 346·62 நாட்களாகும் இக் கால வட்டம் கோள் சந்திகளின் ஞாயிற்றுவழிக் கால வட்டம் எனப்படும். இக் கால வட்டம், திங்கள் மறைப்பு, ஞாயிற்று மறைப்பு ஆகியவைகளைக் கணிக்கும் பொழுது பயன்படும்.

191. மெட்டன் கால வட்டம் (Metonic cycle).

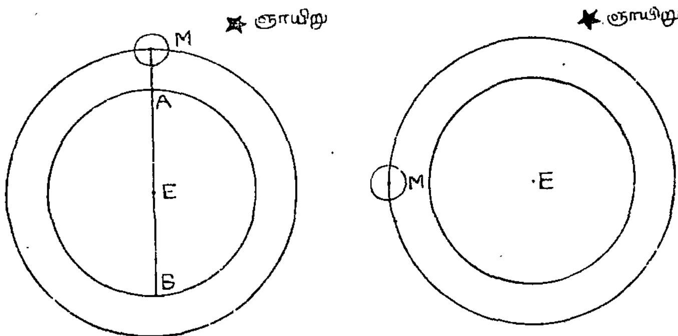
ஓர் ஆண்டில் சராசரி 365·2425 நாட்கள் உள்ளன. ஒரு திங்களின் ஞாயிற்றுவழி மாதத்தில் 29·53 நாட்கள் உள்ளன. ஆகவே, 19 ஆண்டுகள் = 6939·6075 நாட்கள். 235 ஞாயிற்றுவழி மாதங்கள் = 6939 6882 நாட்கள்.

எனவே 19 ஆண்டுகளும் 235 ஞாயிற்றுவழி மாதங்களும் தோராயமாகச் சமம். இவ்விரண்டிக்கும் வேறுபாடு 0·0807 நாள் ஆகும். அதாவது 1 மணி 56 நிமிடங்களும். ஞாயிற்றுவழி மாதம் திங்களின் பிறைகளைப் பொறுத்துள்ளது. திங்களின் பிறைகள் ஞாயிறு, பூமி, திங்கள் ஆகியவைகளைப் பொறுத்துள்ளன. எனவே இன்று இருள்மதி எனக் கொண்டால், ஏறக்குறைய 19 ஆண்டுகள் கழித்து (1 மணி 56 நிமிடங்கள் வேறுபாட்டில்) அதாவது 6939·6075 நாட்கள் கழித்து இதே நாளில் இருள்மதி ஏற்படும். இதை 'மெட்டன் காலவட்டம்' எனச் சொல்கிறோம்.

இக் காலவட்டம் மெட்டன் (Meton) யூக்மென் (Zucteman) என்பவர்களால் கணிக்கப்பட்டது. நம் நாட்டிலும் மேனாட்டிலும் மதச் சார்புடைய திருவிழாக்கள்பல உள்ளன. இவைகளுள் பல, திங்களின் பிறைகளையொட்டித் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக ஐப்பசி மாதத்தில் வரும் இருள்மதி நாளன்று தீபாவளி யாகும். கார்த்திகை மாதத்தில் வரும் முழுமதி நாளன்று கார்த்திகை தீபமாகும். மெட்டன் கால வட்டத்தைக் கொண்டு இவைகள் வரும் தேதியை முன்கூட்டியே தெரிந்துகொள்ள முடியும். மெட்டன் என்ற கிரேக்க அறிஞர் முழுமதி நாட்களை ஒரு கிரேக்க ஆலயத்தில் பொறிக்க ஏற்பாடு செய்தாரென நாம் அறியலாம்.

இந்தக் கால வட்டத்தில் ஏதாமொரு ஆண்டின் நிலையைக் குறிக்கக் கூடிய எண்ணைப் 'பொன் எண்' (golden number) எனச் சொல்வோம். மெட்டன் கால வட்டம் கி. மு. முதலாவது ஆண்டில் தொடங்குகிறது. ஏதாமொரு ஆண்டின் எண்ணிக்கையுடன் ஒன்றைக் கூட்டி 19 ஆல் வகுக்கக் கிடைக்கும் மீதி, பொன் எண்ணைக் குறிக்கும். மீதி 0 ஆனால் பொன் எண் 19 ஆகும். மீதி 10 என்றால் 10 ஆவது ஆண்டுக்காக குறிக்கப்பட்டுள்ள முழுமதி நாட்கள் இந்த ஆண்டுக்கும் பொருந்தும். குறிப்பாக கி பி. x ஆவது ஆண்டுக்கு நாம் முழு மதி நாட்களைக் காண வேண்டுமானால், $\frac{x+1}{19}$ -ன் மீதி r ஆக இருக்கட்டும். r-ஆவது ஆண்டுக்காக பொறித்து வைக்கப்பட்டுள்ள முழுமதி நாட்கள் கி. பி. x ஆவது ஆண்டுக்கும் பொருந்தும். இந்த r ஐத்தான் 'பொன் எண்' எனச் சொல்வோம்.

192. திங்களும் கடல் அலைகளும் (The moon and the tides)



படம் (i) உயர அலைகள் படம் (ii) மட்ட அலைகள்

படம் 139.

பூமி பரப்பின் மேலுள்ள கடல் நீர், திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்ற லாலும், ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு ஆற்றலாலும் இழுக்கப்பட்டு அலை களாக எழுகிறது. பூமி சரியான கோள வடிவமுடையது எனக் கொள்வோம் ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் திங்கள் மையத் தையும் பூமி மையத்தையும் சேர்க்கும் நேர்கோடு பூமிப் பரப்பை A, B என்ற புள்ளிகளில் வெட்டட்டும். A என்பது திங்களின் நேர் கீழ்ப் புள்ளி (sub lunar point) எனப்படுகிறது. A கடற் பரப்பின் மேலுள்ளது எனக் கொள்வோம். திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றலின் காரணமாகக் கடல் நீர் A ஐச் சுற்றி வேகமாகக் குவிகிறது. A தண்ணீர் பரப்பில் உள்ளதால் தண்ணீரை அவ்வாற்றல் எளிதில் ஈர்க்கும். எனவே அலைகள் எழுகின்றன.

இப்பொழுது B என்ற புள்ளியை எடுத்துக்கொள்வோம். இதுவும் கடற் பகுதியில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். B என்ற இடத்தில் நில ஈர்ப்பை விட நிலப்பகுதி திங்களுக்கு அருகில் உள்ளது. எனவே திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றல் தரைப் பகுதியில் அதிகமாக இருக்கும். எனவே B ஐச் சுற்றியுள்ள நீர் B ஐ நோக்கி ஓடிக் குவியும். எனவே அவ்விடத்தில் அலைகள் உண்டாகும்

மேலே படம் (1)-ல் ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு ஆற்றலும் திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றலும் சேர்ந்து அலைகளை ஏற்படுத்தும். திங்களைவிட ஞாயிறு பெரியதாக இருப்பினும், அது அதிக தூரத்திலிருப்பதால் திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றலில் $\frac{5}{11}$ பங்கு ஈர்ப்பு ஆற்றல்தான் கூடும். இந்த நிலை இருள்மதி நாட்களில் ஏற்பட்டு அலைகளின் உயரத் தையும் வேகத்தையும் பெருக்குகின்றன. இந்த அலைகளை உயர அலைகள் (spring tides) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

மேலே படம் (ii) திங்களின் அரை மதி நிலையாகும். திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றலும், ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு ஆற்றலும் மாறுபட்ட திசை களில் இருப்பதால், அக்காலங்களில் அலைகள் அதிக உயரமும் வேகமும் பெறுவதில்லை. இவ்வலைகளை 'மட்ட அலைகள் (Neap tides) எனக் குறிப்பிடுகின்றோம்.

இருள்மதி, முழுமதி நாட்களில் திங்கள் அண்மை நிலையில் இருந்தால் அலைகள் மிக உயரமாகவும், வேகமாகவும் இருக்கும். சேய்மை நிலையில் இருந்தால் அலைகள் மட்டமாகத்தான் இருக்கும்.

193 திங்களின் தரையில் காணக் கூடியவை

பூமியில் எப்படி இரவு பகல் காலங்கள் உண்டோ அதே மாதிரி சந்திரனிலும் பகல் இரவு காலங்கள் உண்டு. ஆனால்

பகற்காலம் 14 நாட்களும் இரவுக் காலம் 16 நாட்களும் ஆகும். பூமி தன்னைத்தானே சுற்றுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 24 மணி. ஆனால் திங்கள் தன்னைத்தானே சுற்றுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் சுமார் 29·5 நாட்கள் ஆகும்.

திங்கள் மண்டலத்தில் இரவு மிகக் குளிர் பொருந்தியதாக இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ஞாயிற்றின் நேர் கீழ்ப் புள்ளி (sub solar point) யில் வெப்பநிலை சுமார் 101°C ஆக விருக்கும். இது கொதிக்கும் நீரைவிட 1° அதிகம்.

திங்கள் மறைப்பு நிகழ்வதற்கு முன்னர் வெப்பநிலை 99°C ஆக விருந்து, திங்கள் முழுவதும் மறையும்பொழுது —73°C ஆக வெப்ப நிலை குறையும். இந்தக் குறுகிய காலத்தில் வெப்பநிலையில் இவ்வளவு பெரிய மாறுதல் ஏற்படுவதற்குத் திங்களின் தரை யமைப்பே காரணம் என ஊகிக்கிறார்கள்.

திங்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றல் பூமியின் ஈர்ப்பு ஆற்றலில் ஆறில் ஒரு பங்கு ஆகும். திங்கள் தரையில் நடக்கும் மனிதனின் எடை ஆறில் ஒரு பங்காகக் குறையும். அவனுக்குப் பறப்பது போன்ற உணர்ச்சியைத் தரும்

பூமியைச் சுற்றி இருக்கும் அழுத்தமான வளி மண்டலத்தைப் போலத் திங்களைச் சுற்றி வளி மண்டலம் இல்லை. அதனால் பூமிக்கும் ஒரு விண்மீனுக்குமிடையே திங்கள் வருகையில், விண் மீன் திடீரென்று மறைக்கப்படுகின்றது (occulation of a star). விண்மீன் மங்கலாகத் தெரிந்து, அதன் பின் மறைக்கப்படுவதில்லை; ஆனால் திடீரென மறைக்கப்படுகின்றது.

மனிதன் உயிர் வாழ்வதற்கு வேண்டிய உயிரியம் (oxygen), தண்ணீர், உணவுப் பொருள்கள் ஆகியவைகளில் எதுவும் திங்களில் கிடையாது.

திங்களில் விண் கற்கள் மழை பொழிந்த வண்ணம் இருக்கும். ஞாயிற்றிலிருந்து புற ஊதாக் கதிர்கள் (ultra violet rays), திங்கள் பரப்பில் பாயும் விண் வெளியிலிருந்து அண்டைக் கதிர்கள் (cosmic rays) நிலாத் தரையைத் தாக்கும்.

திங்களில் பெரிய பெரிய கடல் போன்ற பரப்புகளும் ஏரி போன்ற இலட்சக் கணக்கான சிறு சிறு குழிகளும், பெரிய பள்ளத் தாக்குகளும், பல குன்றுகளும் உள்ளன. சுமார் 30,000 பள்ளம், படு குழிகள் அங்குள்ளன என்று மதிப்பிடுகிறார்கள். கடல், ஏரி

எனறு கூறப்படும் பரப்புகளில் தண்ணீர் இல்லை. திங்கள் பரப்பின் மேலுள்ள புயற் கடல் (ocean of stroms) ஏறக்குறைய 20 இலட்சம் சதுர மைல் பரப்புடையது. திங்களைப் பற்றியும் பல அரிய படங்



படம் 139-A.

மவுண்ட் வில்சன் ஆய்வுக் கூடத்தில் 100" தொலை நோக்கி-கொண்டு அமாவாசைக்கு ஒரு வார முன்னர் எடுத்த நிழல் படம்.

களையும் வியத்தகு விளக்கங்களையும் அமெரிக்கா, உருசியா நமக்கு அளிக்கக்கூடும் என இனி நம்புகிறோம்.

194. **திங்களிலிருந்து காணக் கூடிய புவிப் பிறைகள்** (Different phases of the earth as seen from the moon)

திங்களில் இருக்கும் ஒரு கற்பனை மனிதனுக்கு. புவி ஒரு மதியாகத் தோன்றும். திங்கள் புவிக்கும், ஞாயிற்றுக்கும் இடையில் இருக்கும்பொழுது திங்களின் ஒளிபெருத பகுதி. புவியை நோக்கியுள்ளது. எனவே அன்று இருள்மதி உண்டாகிறது. ஆனால் அன்றைய நாளில் புவியின் ஒளிபெற்ற பகுதி திங்களை நோக்கியுள்ளது. எனவே அன்று திங்கள் மனிதனுக்கு முழுப்புவி (full earth) தெரியும். நாட்கள் செல்லச்செல்ல திங்களின் பிறை வளரும். ஆனால் புவியின் பிறை தேயும். எனவே புவிக்கு வளர் பிறை காலமென்றால், திங்களுக்குத் தேய்பிறைக் காலமாகும். புவியில் பிறைமதி தெரியும்பொழுது திங்களில் குமிழ்ப் புவி தெரியும். புவியில் அரை மதி தெரியும்பொழுது திங்களில் அரைப் புவி தெரியும். புவியில் குமிழ்மதி தெரியும்பொழுது திங்களில் பிறைப் புவி தெரியும். அடுத்து புவியில் முழுமதி ஏற்படும்பொழுது திங்களில் இருள் புவி ஏற்படும். பின்னர் புவியில் தேய்பிறைக் காலமாக இருக்கும்பொழுது திங்களில் வளர்பிறைக் காலமாக இருக்கும்.

195. **புவியொளி** Farth shine)

நாம் பிறைமதியைக் காணும்பொழுது. அடுத்துள்ள குமிழ்ப் பகுதியைக் குறைந்த ஒளியுடன் காணமுடிகிறது. புவியில் பிறைமதி ஏற்படும்பொழுது திங்களில் குமிழ்ப்புவி ஏற்படும். எனவே திங்கள் இரவில் புவியால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஞாயிற்றின் ஒளி திங்கள் தரையில் படும். இந்த ஒளி பெற்ற பகுதி நமக்குத் தெரியும்பொழுது குறைந்த ஒளியுள்ள பகுதியாகத் திங்கள் தட்டில் (moon's dise) தெரிகிறது. இதற்குப் புவி'யொளி' என்பது பெயர்.

இருள்மதி நாளன்று ஞாயிறும் திங்களும், ஒன்ருகவே மறைவதால் நாம் திங்களையோ, புவியொளியையோ காணமுடிவதில்லை. இருள்மதி கழிந்து இரண்டு நாட்கள்வரை திங்களின் பிறை மிகச் சிறியதாக இருக்கும். அப்பிறையைக் கண்களால் காண முடிவதில்லை. மேலும் திங்கள் தட்டில் உள்ள புவியொளியின் அளவு, அந்தி மெல்லொளியின் அளவைவிடக் குறைவாக இருப்பதால் அந்நாட்களில் புவி ஒளியையும் காணமுடிவதில்லை. மூன்ருவது நாளிலிருந்து சில நாட்கள் புவியொளியைக் காணலாம். திங்களின் பிறை வளர புவியின் பிறை தேயும். எனவே திங்கள் புவியிலிருந்து பெறும் ஒளியின் அளவும் குறைவும்; எனவே புவியொளி

யின் அளவு குறைந்து, சில நாட்கள் சென்ற பின் திங்கள் தட்டில் புளியொளியைக் காண முடிவதில்லை.

பயிற்சி 20

1. திங்களின் 'மீன்வழி மாதம்', 'ஞாயிற்று வழி மாதம்' என்பவைகளுக்கு விளக்கம் கூறுக.

2. 'திசை விலக்கம்', ஒரு திசை நிலை', எதிர்த்திசை நிலை'- இவைகளுக்குத் திங்களைப் பொறுத்தவரையில் வரையறை கூறவும்.

3. திங்களின் பிறையளவு என்றால் என்ன? பிறையளவின் வாய்பாட்டைத் திங்களின் திசை விலக்கம் வாயிலாகக் காண்க. (செ. ப.)

4. E, M, S என்பவைகள் பூமியின் மையம், திங்களின் மையம், ஞாயிற்றின் மையம் எனக் கொண்டால், பிறையளவு $= \frac{1}{2}(1 + \cos E\hat{M}S)$ என நிறுவுக. (செ. ப.)

5. திங்களின் பிறைகள் என்றால் என்ன? ஒரு ஞாயிற்று வழி மாதத்தில் திங்களின் பிறைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்களை வரைபட விளக்கத்துடன் நிறுவுக (செ. ப.)

6. திங்களின் ஞாயிற்று வழி மாதம் $29\frac{1}{2}$ நாட்கள் என்றால், மீன்வழி மாதத்தின் கால அளவைக் கண்டுபிடி.

7. 1924-ம் ஆண்டு மே 3-ம் தேதியும், 1925-ம் ஆண்டு மார்ச்சு 24-ம் தேதியும் இருள்மதி நாட்களாகும். இடைப்பட்ட காலத்தில் 11 ஞாயிற்று வழி மாதங்கள் உள்ளன. திங்களின் மீன்வழி மாதத்தின் கால அளவைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

8. 19 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு முழுமதி நாட்கள் அதே நாட்களில் திரும்ப வரும் என நிறுவுக. (செ. ப.)

9. ஒரு குறிப்பிட்ட இரவில் திங்கள் 10 (பி. ப.) மணிக்குத் தோன்றியது. அதன் வயதையும் பிறையளவையும் கண்டுபிடி. அதன் மேற்கு, கிழக்குப் பகுதிகளில் எது ஒளியுள்ளதாக இருந்தது?

10. ஓரிடத்தில் திங்கள் காலை 4 மணிக்குத் தோன்றியது. அந்த இடத்தில் ஞாயிற்றின் தோற்ற நேரம் 6 (மு. ப.) மணி

என்றால், (a) திங்களின் வயது (b) ஒளிபெற்ற பரப்பளவு ஆகியவற்றைக் காண்க. அதன் ஒளிபெற்ற பகுதி மேற்குப் பக்கமா அல்லது கிழக்குப் பக்கமா எனக் கூறுக. (அ. ப.)

11. திங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட நாளன்று ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தை 5 (மு. ப.) மணிக்குக் கடந்தால் அன்று அதன் வயதைத் தோராயமாகக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

12. திங்களின் அசைவுகளைப் பற்றி விளக்கம் தருக.

13. 'அறுவடை முழுமதி', 'வேட்டுவர் முழுமதி' - இவைகளின் பெயர்களைப் பற்றியும் இவைகள் நிகழும் காலங்களைப் பற்றியும் விளக்கம் தருக. (செ. ப.)

14. சிறு குறிப்புகள் வரைக.

(1) அலைகள் (செ. ப.)

(2) மெட்டான் காலவட்டம் (செ. ப.)

(3) பொன் எண்

(4) திங்களின் கோள் சந்திகள் (செ. ப.)

(5) திங்களின் தரைப் பரப்பு

(6) திங்களில் வாழ்வு

15. இருள்மதி ஏற்படும் காலத்தைக் கீழ்க் கொடுத்துள்ள பதிவுகளைக் கொண்டு கணக்கிடுக.

	ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு	திங்களின் நெட்டாங்கு.
சூலை 26 நடுப்பகல்	125° 4′ 33″	122° 0′ 0″
சூலை 26 நள்ளிரவு	125° 34′ 30″	128° 41′ 15″

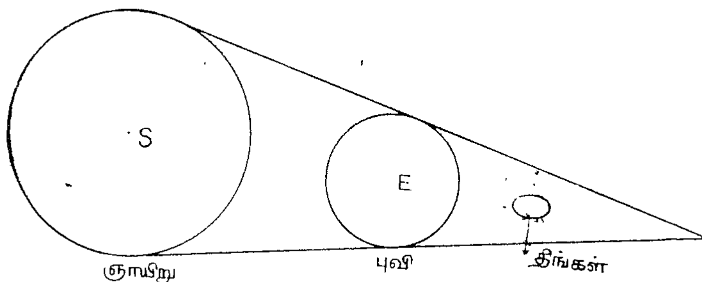
15. மறைப்புகள்

(Eclipses)

196. மறைப்புகள் இரு வகைப்படும். அவைகள் 'திங்கள் மறைப்புகள்', 'ஞாயிறு மறைப்புகள்' (Lunar eclipses and solar eclipses) என நாம் அறிவோம். திங்கள் பூமியைச் சுற்றி இயங்குவதை நாம் கண்டோம். திங்கள் ஞாயிற்றுக்கும் பூமிக்கும் இடையில் வரும் பொழுது, பூமியிலுள்ள பார்வையாளருக்கு முழு ஞாயிற்றையோ, அல்லது ஞாயிற்றின் பகுதியையோ திங்கள் மறைக்கும். இதை ஞாயிற்றின் மறைப்பு (solar eclipse) எனச் சொல்கிறோம். இது ஏற்படும்பொழுது திங்கள் இருள் மதியாக இருக்கும். அதேமாதிரி பூமி ஞாயிற்றுக்கும் திங்களுக்கும் இடையே வரும்பொழுது ஞாயிற்றின் ஒளி திங்களின் மேல் படாமல், பூமியின் நிழல் திங்களில் விழும் அப்பொழுது திங்கள் ஞாயிற்றின் ஒளி பெருமல் திங்களின் ஒரு பகுதியோ, அல்லது முழுத் திங்களோ இருண்டு விடும். இந்த நிகழ்ச்சியைத் திங்கள் மறைப்பு (lunar eclipse) எனச் சொல்கிறோம். இந்தத் தருணத்தில் திங்கள் முழு மதியாக இருக்கும்.

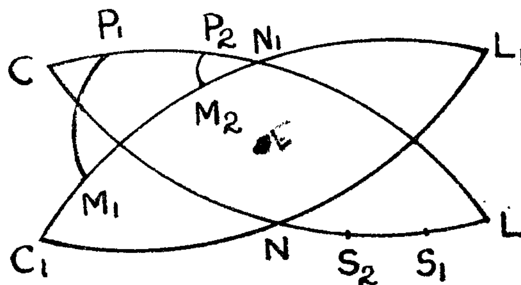
ஆகவே மறைப்புகள் இருள் மதி அல்லது முழுமதி நாளன்று தான் ஏற்படும் ஆனல் ஒவ்வோர் இருள் மதி நாளிலும், முழுமதி நாளிலும் மறைப்புகள் ஏற்படுவதில்லை. ஏன் ? திங்களின் பாதைத் தளமும், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளமும் ஒருங்கே அமைந்திருக்குமாஞல், ஒவ்வோர் இருள் மதி நாளிலும், முழுமதி நாளிலும் மறைப்புகள் ஏற்படலாம். ஆனல் திங்களின் பாதைத் தளமும், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளமும் சராசரி 5° 2′ சாய்வில் உள்ளன. ஆகையால் மற்றோர் சூழ்நிலையும் தேவைப்படுகிறது. அதே மாதிரி ஞாயிறு மறைப்புக்கும் இருள் மதி ஒன்றே காரணமாகாமல் மற்ெருரு சூழ்நிலையும் அவசியமாகிறது. அச் சூழ்நிலைகள் பற்றி ஆராய்வோம்.

197. திங்களின் மறைப்புக்குரிய சூழ்நிலைகள்



படம் 140.

படம் 140-ல் திங்களின்மேல் ஞாயிற்றின் ஒளி படாமல், திங்கள் புவி நிழற் கூம்பினுள் உள்ளது. முழுமதி (M) நிழற் கூம்பின் எந்தப் பகுதியில் இருந்தாலும், திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும். இந்த நிலை முழுமதி நாளன்று ஏற்படும். ஆனால் ஒவ்வொரு முழுமதி நாளன்றும், திங்கள் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை. ஏனென்றால் திங்களின் பாதைத் தளம், ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளத்திற்கு 5° 2′ சாய்வில் அமைந்துள்ளதே காரணமாகும். இதனைக் கீழுள்ள படத்திலிருந்து தெளிவாகப் புரிந்துகொள்ளலாம்.



படம் 141.

படம் 141-ல் CL ஞாயிற்றுத் தோற்றப்பாதை. $C_1 L_1$ திங்களின் பாதை. இவ்விரண்டும் 5°2′ சாய்வில் உள்ளதைக் காண்கிறோம். முழுமதி நாளன்று, ஞாயிற்றுக்கும் திங்களுக்கும் தங்கள் நெட்டாங்குகளில் உள்ள வேறுபாடு 180° என நமக்குத் தெரியும். முழுமதி நாளன்று ஒரு நாள் S_1 ஞாயிற்றின் நிலையாகவும், M_1 திங்களின் நிலையாகவும் இருக்கட்டும். $S_1 LP_1$-ன்

கோணத் தூரம் 180° ஆகும். S_1-ன் ஒளி பூமி E-ன் மேல் விழும் பொழுது ஏற்படும் புவி நிழற் கூம்பினுள் M_1 இருப்பதில்லை. எனவே அந்த நாளில் முழுமதி ஏற்பட்டும், திங்கள் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை.

மற்றொரு முழுமதி நாளன்று S_2 ஞாயிற்றின் நிலையாகவும், M_2 முழுமதியின் நிலையாகவும் இருக்கட்டும். இப்பொழுது S_2-ன் ஒளி E என்ற பூமிமேல் விழுகையில் ஏற்படும் புவி நிழற் கூம்பினுள் M_2 இருக்கும். எனவே திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும் இங்குத் திங்கள் மறைவு ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகியுள்ளது.

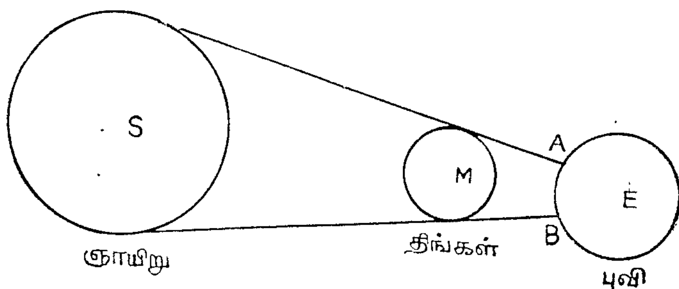
இதனுல் நாம் என்ன தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமென்ருல், N என்ற கோள் சந்திக்கு அதிக தூரத்தில் S_1-ம், N' என்ற கோள் சந்திக்கு அதிக தூரத்தில் M_1-ம் அமைந்தால், முழுமதி நாளாக இருந்தாலும் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை. ஆனுல் N-க்கு அருகில் ஞாயிறும், N'-க்கு அருகில் திங்களும் இருப்பின், திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும் சூழ்நிலை உருவாகும். ஆகவே கோள் சந்திகளுக்கு அருகில் ஞாயிறும், திங்களும் இருக்கவேண்டும். M_1P_1 திங்களின் விண் அகலாங்கு. M_2P_2 சிறியதாக இருப்பதை அறியமுடிகிறது. ஆகவே திங்கள் மறைப்புகளுக்குகந்த சூழ்நிலைகள் யாதெனில், அன்று

(i) முழுமதி நாளாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) திங்களின் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும்.

198. ஞாயிறு மறைப்புக்குரிய சூழ்நிலைகள்

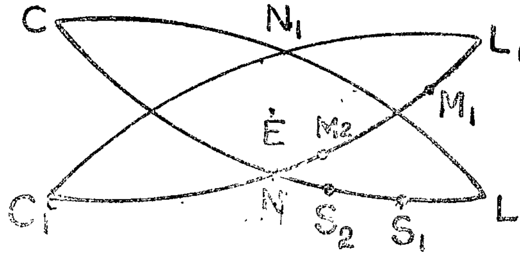
ஞாயிறு மறைப்புகள் இருள்மதி நாளன்று நிகழும் எனக் கூறினேம். இருள்மதி நாளன்று திங்களும், ஞாயிறும் ஒரு திசை நிலையில் (conjunction) உள்ளன. ஞாயிற்றின் ஒளியால் திங்கள்



படம் 142.

ஒரு நிழற் கூம்பை ஏற்படுத்தும். திங்களின் நிழல் பூமியின் ஒரு பகுதியின்மேல் விழும். அப்பொழுது அந்தப் பகுதியிலுள்ள மக்களுக்கு மட்டும் ஞாயிற்று ஒளி மறைக்கப்படுவதால், ஞாயிறு மறைப்பு நிகழும்.

படம் 142-ல், குறிப்பிட்டுள்ளபடி AB பகுதியிலுள்ள மக்களுக்குக் குறிப்பிட்ட இருள்மதி நாளன்று ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படும். ஆனால் ஒவ்வோர் இருள்மதி நாளிலும் அந்த நிலை ஏற்படமுடியாது என்ற விளக்கத்தைப் பின்வரும் படம் தெளிவுற உணர்த்தும்.



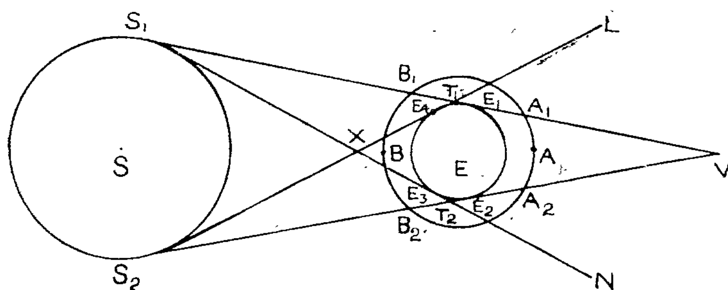
படம் 143.

படம் 143-ல். CL ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை. $C_1 L_1$ திங்களின் பாதை; ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு $5° 2'$ சாய்வில் உள்ளது. E பூமி. ஓர் இருள்மதி நாளன்று S_1 ஞாயிற்றின் நிலை; M_1 திங்களின் நிலை. அவை இரண்டின் நெட்டாங்குகளின் வேறுபாடு பூச்சியமாகும் அவை இரண்டும் கோள் சந்திகளிலிருந்து அதிக தூரத்தில் உள்ளன அதனால் ஞாயிற்றின் ஒளியைப் பூமிமேல் படாமல் திங்களால் மறைக்கமுடியாத நிலை ஏற்படுகிறது. எனவே இருள்மதி நாளாக இருந்தாலும் ஞாயிற்று மறைப்பு ஏற்படாது. மற்றோர் இருள்மதி நாளன்று S_2 ஞாயிற்றின் நிலை. M_2 திங்களின் நிலை. அவை இரண்டும் ஒரு திசை நிலையிலுள்ளன. மேலும் இவை இரண்டும் N என்ற கோள் சந்திக்கு அருகில் அமைந்துள்ளன. ஞாயிற்றின் ஒளி பூமிமேல் படாமல் திங்களால் மறைக்கப்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகியுள்ளதைக் காணலாம். ஆகவே ஞாயிறு மறைப்புக்குரிய சூழ்நிலைகள் யாதெனில், அன்று

(i) இருள்மதி நாளாக இருக்கவேண்டும்.

(ii) திங்களின் விண் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும். (அதாவது ஞாயிறும், திங்களும் யாதாமொரு கோள் சந்திக்கு அருகில் அமையவேண்டும்).

199. பூமியால் ஏற்படும் நிழற்கூம்பு (Shadow cone formed by earth)



படம் 144.

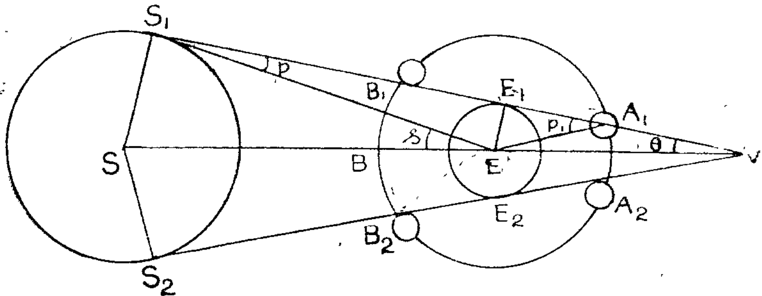
படத்தில் S ஞாயிற்றின் மையம். E புவியின் மையம். $S_1 E_1$, $S_2 E_2$, ஞாயிறு, பூமி ஆகிய கோள வட்டங்களுக்குப் போடப்பட்ட நேர்ப்பொதுத் தொடுகோடுகள் ஆகும். இவை இரண்டும் SE-ன் நீட்சியை V-ல் வெட்டட்டும். $S_1 E_3$, $S_2 E_4$ ஞாயிறு, பூமிக் கிடையே வரையப்பட்ட குறுக்குப் பொதுத் தொடுகோடுகள் ஆகும். இவை இரண்டும் SE ஐ X-ல் வெட்டட்டும். இந்த நான்கு தொடு கோடுகளும் SEVஐ அச்சாகக் கொண்டு சுழலு மானல், Vஐ உச்சி முனையாகக் கொண்ட ஒரு கூம்பும், Xஐ உச்சி யாகக் கொண்ட மற்றொரு கூம்பும் கிடைக்கும். V ஐ உச்சியாகக் கொண்ட கூம்புப் பகுதியான $E_1 V E_2$-ல் ஞாயிற்றின் ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதில்லை. இந்தப் பகுதி இருண்டிருக்கும். இப்பகுதியைக் 'கரு நிழற்பகுதி' (umbra) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

மேலும் VT_1L, VT_2N என்ற பகுதிகளில் ஞாயிற்றின் ஒளிக் கதிர்கள் முழுவதும் விழுவதில்லை. ஏதேனும் ஒரு பகுதியின் ஒளிக் கதிர்கள் விழும், அப்பகுதிகள் இருண்டும், கருநிழற் பகுதியைப் போல் முழுவதும் இருண்டோ அல்லது மற்ற பகுதிகளைப்போல் ஒளி மிகுந்ததாகவோ இல்லாமல், ஒளி குறைந்து காணப்படும். இப் பகுதிகளைப் 'புறநிழற் பகுதிகள்' (penumbra) எனக் குறிப்பிடு கின்றோம்.

திங்களின் பாதையை $A_2 A_1$, $B_1 B_2$ எனக் குறிப்பிட்டுள் ளோம். $A_2 A_1$ என்ற பகுதியில் திங்கள் இருக்கும்பொழுது, அன்று முழுமதி நாளாக இருக்கும். மேலும் திங்கள் கருநிழற் பகுதியினுள் இருப்பதால் திங்கள் முழுவதும் இருண்டு விடும். எனவே திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும்.

VT_1L என்ற பகுதியில் திங்கள் இருக்கும்பொழுது அது புறநிழல் பகுதியிலுள்ளது என்பதை அறிவோம். அப்பொழுது ஞாயிற்றின் S_1 என்ற பகுதிக்கருகில் உள்ள ஒளிக் கதிர்கள் திங்களின் மேல் விழும். ஆனால் S_2-க்கு அருகில் உள்ள ஒளிக்கதிர்கள் விழா. அந்த நிலையில் திங்கள் முழுதும் மறைந்தோ, அல்லது முழு ஒளி பெற்றோ இல்லாமல் ஒளி மங்கிக் காணப்படும். எப்படியிருப்பினும் திங்கள் புறநிழற் பகுதியில் இருக்கும் பொழுது நிலவும் ஒளி மங்கலை, 'திங்கள் மறைப்பு' எனக் கூறுவதில்லை. திங்கள் கருநிழல் பகுதியில் நிலவுகையில்தான் 'திங்கள் மறைப்பு' ஏற்படும். கருநிழற் பகுதியில் நுழையும் பொழுது திங்கள் மறைப்பு தொடங்கி அதிலிருந்து வெளிவரும் பொழுது திங்கள் மறைப்பு முடிந்துவிடும்.

200. நிழற்கூம்பின் அரை உச்சிக் கோணத்தின் மதிப்பைக் காணல் (To find the semi vertical angle of the shadow cone)



படம் 145.

படத்தில் $E_1\hat{A_1}E$ = திங்களின் புவிமையத் தோற்றப் பிழை (p')

$E_1\hat{S_1}E$ = ஞாயிற்றின் புவிமையத் தோற்றப்பிழை (p)

$S_1\hat{E}S$ = ஞாயிற்றின் கோண ஆரம் (s)

$S_1\hat{V}E$ = நிழற் கூம்பின் அரை உச்சிக் கோணம் (θ)

முக்கோணம்.

இங்கு $\theta = s - p$.

இங்கு s-ம், p-ம் மாறிலிகள் அல்ல. அவைகளின் சராசரி மதிப்புகள் முறையே $16'$-ம் $8''\cdot79$-ம் ஆகும்.

ஆகவே, θ-ன் சராசரி மதிப்பு $= 16' - 8''\cdot79$

$$\doteq 15'\,51''\cdot21$$

ஆரையன் அளவில், $15'\,51''\cdot21 = \frac{1}{216}$ (தோராயமாக).

முக்கோணம் EE_1V ஐ எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$\sin\theta = \frac{EE_1}{EV}$$

$EE_1 = 3960$ மைல்கள் $= 5736$ கி.மீ. (தோராயமாக)

$EV = 8,55,000$ மைல்கள் $= 13,68,000$ கி.மீ. ,,

பூமியிலிருந்து திங்களின் தூரம் தோராயமாக 2,38,860 மைல்கள் = 3,82,176 கி.மீ. ஆகவே திங்களின் பாதை நிழற் கூம்பின் உச்சியைத் தாண்டி ஒரு பொழுதும் இருக்க முடியாது.

A_1A_2 புவி மையத்தில் தாங்கும் கோணத்தை 2α எனவும், B_1B_2 புவி மையத்தில் தாங்கும் கோணத்தை 2β எனவும் கொள்க. A_1A_2, B_1B_2 ஆகியவைகளின் மையப் புள்ளிகள் A, B ஆக இருக்கட்டும். முக்கோணம் EA_1V-ல்

$$A_1\hat{E}V = \alpha = p' - \theta.$$

p'-ன் சராசரி மதிப்பு $57'$ ஆகிறது.

$$\begin{aligned}\therefore\ \alpha &= p' + p - s.\\ &= 57' + 8''\cdot79 - s\\ &= 57' + 8''\cdot79 - 16'\\ &= 41'\,9''\ \text{(தோராயமாக)}\end{aligned}$$

அதே மாதிரி, $\beta = B_2\hat{E}B$

$$\begin{aligned}&= E\hat{V}B_2 + E\hat{B_2}V\\ &= \theta + p'\end{aligned}$$

$$= s - p + p'$$
$$= 16' - 8''\cdot79 + 57'$$
$$= 72' 51''$$ (தோராயமாக)

201. திங்கள் மறைப்பு ஏற்படுவதற்குரிய நிபந்தனைகள் (Conditions for the occurence of a lunar eclipse)

திங்கள் நிழற் கூம்பைக் கடக்குமிடத்தில். நிழற் கூம்பின் கோண அரை விட்டம் தோராயமாக 41′ 9″ எனக் கொண்டோம். திங்களின் கோண அரை விட்டம் 16′ ஆகும். ஆகவே, திங்கள் முழுவதும் கருநிழற் பகுதியில் மறைய முடியும். ஆகவே திங்கள் முழுவதும் கருநிழற் பகுதியில் உள்ள பொழுது, முழுத் திங்கள் மறைப்பும் (total lunar eclipse). திங்களின் ஒரு பகுதி கருநிழல் பகுதியிலுள்ளபோது குறைத் திங்கள் மறைப்பும் (partial lunar eclipse) ஏற்படும்.

படம் 153-ல் திங்கள் தன் பாதையில் A_2 ஐத் தொடும்பொழுது திங்கள் மறைப்பு ஆரம்பமாகும். அந்த நிலையில் திங்களும் புள்ளி A-ம் சற்றேறக் குறைய ஒரே திசையில் இருப்பதாகத் தோன்றும். எனவே பார்வையாளருக்கு ஞாயிறும், திங்களும் நேரெதிர்த் திசையில் இருக்கின்றன. எனவே அன்று முழுமதி நாளாகும். மேலும் SEV என்ற கோடு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளத்திலேயே உள்ளது -ஆகையால் திங்களின் மையத்திலிருந்து நிழற் கூம்பின் அச்சு EV-க்கு உள்ள தூரம், திங்களின் விண் அகலாங்கைக் குறிக்கும். திங்கள் A_2-ல் கருநிழல் பகுதியில் நுழையும் பொழுது அதன் அகலாங்கு $\alpha + s'$ ஆகும். (s' திங்களின் கோண அரை விட்டமாகும்).

$$\therefore \alpha + s' = 41' 9'' + 15' 30''$$
$$= 56' 39''$$

பூமியின் வளி மண்டலக் கலப்பால், $A_2 A$ என்ற முகத்தின் அரை விட்டம் 2 நூற்று வீதம் விரிவடைகிறது. இந்த அடிப்படையில் α-ன் அதிகரித்த மதிப்பு α_0 எனக் கொள்வோம்.

$$\therefore \alpha_0 = \frac{51}{50} \times 41' 9'' = 41' 54''$$

$$\therefore \alpha_0 + s = 41' 54'' + 15' 30''$$
$$= 57' 24''$$

ஆகவே திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட அன்று

(i) முழுமதி நாளாக இருக்க வேண்டும்.

(ii) திங்களின் அகலாங்கு $\alpha_0 + s'$ (57′ 24″) மதிப்புக்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

ஆனல் முழுத்திங்கள் மறைப்பு ஏற்படத் திங்களின் மையத்தின் அகலாங்கு ($\alpha_0 - s'$) என்ற மதிப்புக்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும். அதாவது திங்கள் முழுவதும் கரு நிழற் பகுதியில் இருக்க வேண்டும்.

$$\alpha^{\circ} - s' = 41'54'' - 15'30''$$
$$= 26'24''.$$

ஆகவே முழுத் திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட முழுமதி நாளன்று திங்களின் அகலாங்கு 26′ 24″-க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

திங்களின் மறைப்பு துவக்கத்தில் பகுதி மறைப்பாக இருக்கும். குறிப்பிட்ட நிபந்தனைகள் சரியாயின், முழு மறைப்புப் பின்னர் ஏற்படலாம். நிபந்தனைகள் நிறைவேருவிடில், பகுதி மறைப்பாகத் தான் இருக்கும்.

ஆகவே நாம் கண்ட முடிவுகளைத் தொகுத்துக் கூறுகையில்,

(i) அன்று முழுமதி நாளாக இருக்க வேண்டும்.

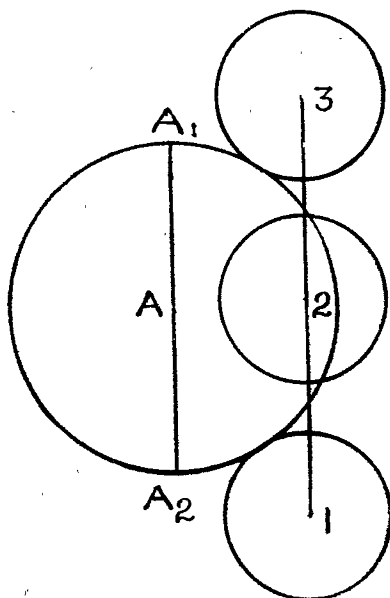
(ii) முழுமதி நாளன்று திங்களின் அகலாங்கு ($\alpha_0 + s'$)-க்குக் குறைந்த மதிப்பைப் பெற வேண்டும்.

(iii) முழுமதி நாளன்று திங்களின் அகலாங்கு ($\alpha_0 - s'$) மதிப்பிற்கு அதிகமாகவும் ($\alpha + s'$) மதிப்பிற்குக் குறைவாகவும் இருப்பின் குறைத் திங்கள் மதிப்பு ஏற்படும்.

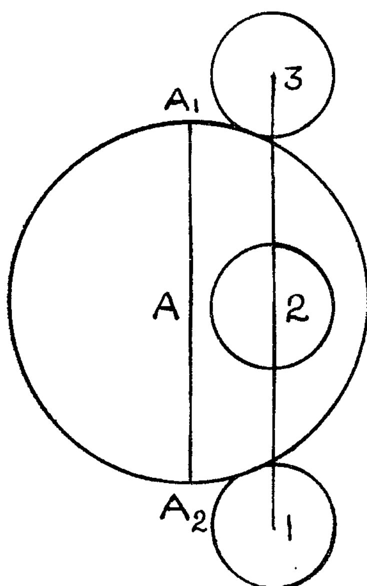
(iv) முழுமதி நாளன்று திங்களின் அகலாங்கு ($\alpha_0 - s'$) என்ற மதிப்பிற்குக் குறைவாக இருந்தால் முழுத் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும்.

202. குறை, முழு, மையத் திங்கள் மறைப்புகள் (Partial, total and central lunar eclipses)

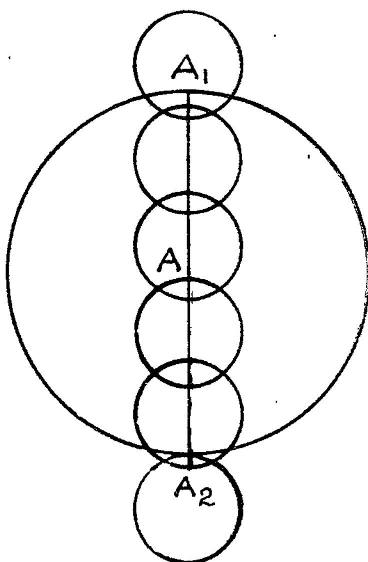
வெட்டு முகம் $A_1 A_2$-ல் திங்களின் பாதைக்கு இணையான ஒரு விட்டம் $A_1 A_2$ எனவும் அதன் மையம் A எனவும் கொள்க.



படம் 146.



படம் 147.



படம் 148.

படம் 146-ல் திங்கள் கரு நிழல் பகுதியின் ஓரமாகச் சென்று கரு நிழல் பகுதியைக் கடக்கிறது. இத் தருணத்தில் குறைத் திங்கள் மறைப்புதான் (partial lunar eclipse) நிகழும்.

படம் 147-ல் திங்கள் மறைப்பு தொடங்குகையில், குறை மறைப்பாகத் தொடங்கி, திங்களின் முழுப்பகுதியும் கரு நிழல் பகுதியினுள் சென்று, முழுத் திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட்டு, பின்னர் மறைப்பு முடிவில் மறுபடியும் குறை மறைப்பாக முடிவடைகிறது.

படம் 148-ல் திங்கள் பாதை A_1A_2 உடன் இணைவதால், கருநிழல் பகுதியில் இருக்கும்பொழுது திங்களின் மையம் A_1A_2 என்ற விட்டத்தின்மேல் அமையும். இங்கும் குறை மறைப்பாக முடியும்.

மையத் திங்கள் மறைப்பு நிகழும்பொழுதுதான் மறைப்பு நிகழும் காலம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. திங்கள் நிலை (1)-லிருந்து நிலை (3)-க்குச் செல்ல எடுக்கும் காலத்தை திங்கள் மறைப்புக் காலமெனக் கூறுகிறோம். Aஐப் பொறுத்து திங்களின் வேகம் மணிக்கு 30 கலைகளாகும். ஆகவே திங்களின் மறைப்புக் காலம் $= \frac{2(\alpha_0 + s')}{30}$ மணிகள் எனக் கணிக்கலாம்.

203. மறைப்புக் கால அளவைக் கணிக்க உதவும் புள்ளி விவரங்கள் (சராசரி மதிப்புகளைப் பயன்படுத்துக)

	மீப்பெரு மதிப்பு	மீச்சிறு மதிப்பு	சராசரி மதிப்பு
ஞாயிற்றின் புவி மையத் தோற்றப் பிழை (p)			8″·79
திங்களின் புவி மையத் தோற்றப் பிழை (p')	61′·5	52′·2	57′
ஞாயிற்றின் கோண அரை விட்டம் (s)	16′·3	15′·8	16′
திங்களின் கோண அரை விட்டம் (s')	16′·8	14′·7	15′·5

204. திங்களின் மீப்பெரு மறைப்புக் கால அளவைக் கணித்தல்
(Calculating the maximum duration of lunar eclipse)

$$\text{திங்கள் மறைப்புக் காலம்} = \frac{2(\alpha_0 + s')}{30} \text{ மணிகள்.}$$

$$\text{இங்கு } \alpha_0 = \frac{5'}{50}(p' + p - s).$$

$$= \frac{5'}{50}[65'\cdot5 + 0'\cdot15'' - 15'\cdot8]$$

$$= 46'\cdot77$$

$$\text{மீப்பெரு } s' = 16'\cdot8$$

∴ மீப்பெரு திங்கள் மறைப்புக் காலம்

$$= \frac{2[46'\cdot77 + 16'\cdot8]}{50} \text{ மணிகள்.}$$

$$= \frac{2 \times 63'\cdot57}{30} \text{ மணிகள்.}$$

$$= 4^{ம.}\ 14^{நி.}\ 16\cdot8^{வி.}$$

மீப்பெரு முழுத் திங்கள் மறைப்புக் காலம்

$$= \frac{2(\alpha_0 - s')}{30}$$

$$= \frac{2(46'\ 77 - 14'\cdot7)}{30}$$

$$= \frac{2 \times 32'\cdot07}{30}$$

$$= 2^{ம.}\ 8^{நி.}\ 16\cdot8^{வி.}$$

குறிப்பு : (i) இன்னும் மிக நுண்ணிய அளவில் கணிக்க வேண்டுமாயின் ஞாயிற்றைப் பொறுத்த திங்களின் சார்பு வேகத்தை $\left[\frac{360}{24} \times \frac{1}{29\cdot53}\right]$ அல்லது மணிக்கு $30'\cdot3$ எனக்கொள்ளவும்.

(ii) முழுமதி நாளன்று திங்கள் மறைப்பு ஏற்படின் அது பூமியின் பாதிப் பகுதிக்குத் தெரியும். பூமி தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொண்டிருப்பதால், திங்கள் மறைப்பு பூமியில் பாதிக்கு

மேற்பட்ட பகுதியில் தெரியக் கூடும். (பூமியில் $\frac{55}{96}$ பங்குக்கு தெரியக் கூடும்).

205. ஞாயிறு மறைப்புகள் (Solar eclipses)

படம் 144-ல் $B_1 B_2$ என்ற பகுதியில் திங்கள் நுழையும்பொழுது குறை அல்லது முழு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படும். அதாவது திங்கள் பூமிக்கும், ஞாயிற்றுக்குமிடையே வரும்பொழுது, ஞாயிற்றின் ஒளியின் ஒரு பகுதியை பூமியின் சில பகுதிகளின் மேல் படாமல் திங்கள் தடுக்கும். ஆகவே, ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுகிறது. படம் 144-ல் AB என்ற பகுதியிலுள்ள மக்களுக்கு ஞாயிறு மறைக்கப்படும்.

திங்களின் விளிம்பு B_1-ல் உள்ளபோது ஞாயிறு மறைப்பு துவங்குகிறது. மறுபடியும் திங்கள் B_2-க்கு வந்து சேர்ந்த பிறகு ஞாயிற்றின் ஒளி பூமியின் மேல் படும். ஆகவே, ஞாயிறு மறைப்பு பூமியில் ஒரு பகுதியில் ஏற்பட, திங்கள் மையத்தின் அகலாங்கு ($s' + B_1 \hat{E} B$)-க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

ஞாயிறு மறைப்பு தொடங்கும் பொழுது திங்கள் மையத்தின் அகலாங்கு,

$$= B_1 \hat{E} B + s'$$
$$= s' + \beta$$
$$= s' + (p' - p + s).$$

சராசரி மதிப்புகளை எடுத்துக் கொண்டால் திங்கள் மையத்தின் அகலாங்கு,

$$= 15{\cdot}5' + (57' - 0{\cdot}15' + 16')$$
$$= 88'{\cdot}35$$
$$= 1^\circ\ 28'{\cdot}35.$$

ஆகவே ஞாயிறு மறைப்புகளுக்குரிய நிபந்தனைகள் யாதெனில், அன்று

(i) இருள் மதி நாளாக இருக்க வேண்டும்.

(ii) திங்கள் மையத்தின் அகலாங்கு $\beta + s'$-ன் மதிப்புக்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

குறிப்பு : திங்கள் மறைப்புக்குரிய திங்களின் அகலாங்கு $\leqslant \alpha_0 + s'$ என்றுருகிறது. ஞாயிறு மறைப்புக்குரிய திங்களின் அகலாங்கு $\leqslant \beta_0 + s'$

$$\alpha_0 + s' = 57'{\cdot}4; \quad \beta + s' = 88'{\cdot}35. \text{ ஆகவே}$$

$$\alpha_0 + s' < \beta + s'.$$

(அ-து) $\alpha_0 < \beta$.

ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் திங்கள் மறைப்பைவிட ஞாயிறு மறைப்பு அதிகமாக ஏற்படலாமெனக் கருத இடம் இருக்கிறது. இது உண்மையே ஆகும்.

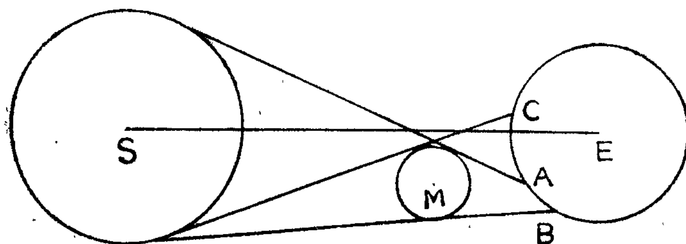
206. பலவகையான ஞாயிறு மறைப்புகள் (Different kinds of solar eclipses)

ஞாயிறு மறைப்பு மூன்று வகைப்படும். அவையாவன ;

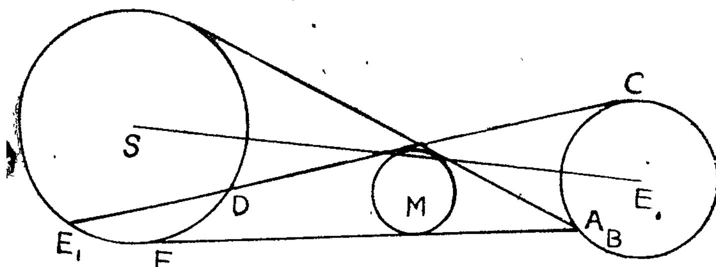
(i) குறை ஞாயிறு மறைப்பு (Partial solar eclipse)

(ii) முழு ஞாயிறு மறைப்பு (Total solar eclipse)

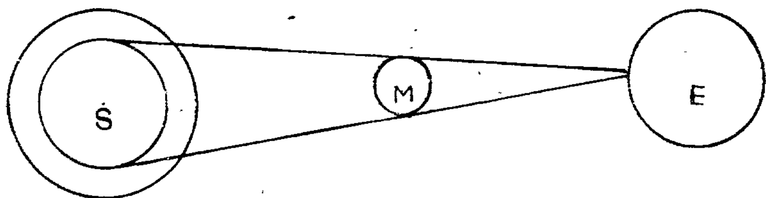
(iii) வளைய ஞாயிறு மறைப்பு (Annular solar eclipse)



படம் 149.



படம் 150.



படம் 151.

ஞாயிறு, திங்கள் ஆகிய இரண்டின் கோண விட்டங்கள் மாறிலிகள் என நாம் அறிவோம். ஞாயிற்றின் விட்டம் 31′·6 முதல் 32′·6 வரையில், அது இருக்கும் தூரத்தை ஒட்டி மாறும். அவ்வாறே திங்களின் விட்டம் 29′·4 முதல் 33′·6 வரையில், அது இருக்கும் தூரத்தை யொட்டி மாறும். யாதாமொரு இருள்மதி நாளன்று, ஞாயிறு மறைப்புக்கு வாய்ப்புள்ளபோது ஞாயிற்றின் விட்டம், திங்களின் விட்டத்தை விடச் சிறியதாக இருக்குமானால், முழு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படலாம். படம் 149-லும், படம் 150-லும் AB என்ற பகுதியில் முழு மறைப்பு ஏற்பட்டிருக்கிறது. முதல் படத்தில் (படம் 149) C-ல் ஞாயிற்றொளி முழுமையாக விழும். படம் 150-ல் C-ல் குறை ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்பட்டிருக்கிறது. மறைக்கப்பட்ட ஞாயிற்றின் பகுதி DE_1F ஆகும்.

படம் 151-ல் ஞாயிற்றின் விட்டம் திங்களின் விட்டத்தை விடப் பெரியதாகும். ஒரு ஞாயிறு மட்டுமே மறைக்கப்பட்டுள்ளது. மீதமுள்ள வளையம் போன்ற ஞாயிற்றின் பகுதி ஒளியுள்ளதாகத் தெரியும். எனவே இதற்கு வளைய ஞாயிறு மறைப்பு (Annular solar eclipse) என்பது பெயர். ஞாயிற்றுத் தட்டில் 1′ கோண அகலமுள்ள விளிம்பு வளையம் ஒளி வீசித் திகழும்.

207. ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளின் ஒற்றுமை வேற்றுமைகள் (Comparison between solar and lunar eclipses)

(i) திங்கள் பூமியைச் சுற்றி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் செல்கிறது. எனவே திங்கள் மறைப்பின்பொழுது முதலில் அதன் கிழக்குப் பகுதி கருநிழல் கூம்பில் நுழையும். ஆகவே திங்கள் மறைப்பு திங்களின் கிழக்குப் பகுதியில் தொடங்கும். ஞாயிறு மறைப்பின் தொடக்கத்தில், திங்களின் கீழ்ப் பகுதி B_1 B_2 பகுதியில் முதலில் நுழைந்து ஞாயிற்றின் மேற்பகுதியை மறைக்கிறது. ஆகவே ஞாயிறு மறைப்பின்போது ஞாயிற்றின் மேற்குப் பகுதி முதலில் மறைந்துபடுகிறது.

(ii) திங்கள் மறைப்புகள் குறை மறைப்பாகவோ அல்லது முழு மறைப்பாகவேதான் இருக்க முடியும். ஆனால், ஞாயிறு மறைப்புகள் மூன்று வகைப்படும். அவைகள் குறை மறைப்பு, முழு மறைப்பு, வளைய மறைப்பு ஆகும்.

(iii) திங்கள் மறைப்பின்போது, திங்கள் இருண்டு விடும். ஞாயிறு மறைப்பில், ஞாயிறு நம் பார்வையிலிருந்து மறைக்கப் படும்.

(iv) $B_1 B_2$ என்ற பகுதி $A_1 A_2$ என்ற பகுதியைவிட அகல மானதாக உள்ளது. ஆகையால் குறிப்பிட்ட காலத்தில் திங்கள், $A_1 A_2$ பகுதியை விட $B_1 B_2$ பகுதியில் அதிக காலத்திற்கு இருக்க வாய்ப்புண்டு. ஆகவே குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஞாயிறு மறைப்புகள் திங்கள் மறைப்புகளைவிட எண்ணிக்கையில் அதிகமாக இருக்கும்.

(v) திங்கள் மறைப்பு பூமியின் திங்களை நோக்கியுள்ள பகுதியில் எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும் தெரியும். எல்லா இடங்களிலும் ஒரே வகையான மறைப்பாகும். எல்லாப் பார்வையாளர்களுக்கும் குறை மறைப்பாகவோ அல்லது முழு மறைப்பாகவோ தெரியும். ஆனால் ஞாயிறு மறைப்பு பூமியில் பல இடங்களில் பல விதமாகத் தெரியும். சில இடங்களில் மறைப்பே இராது. சில இடங்களில் முழு மறைப்பாகவும், சில இடங்களில் குறை மறைப்பாகவும் தோற்றமளிக்கும். பூமியின் ஞாயிற்றை நோக்கியுள்ள பகுதியில் சில இடங்களில்தான் தெரியும், ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஞாயிறு மறைப்புகளைவிடத் திங்கள் மறைப்புகளை அதிகமாகக் காணலாம்.

208. ஞாயிற்றின் முழு மறைப்புக் காலங்கள் வானியல் விஞ்ஞானிகளுக்கு அரிய வாய்ப்பாகும். அன்றுதான் அவர்கள் ஆராய்ச்சியினையும், ஞாயிற்றின் புற, உட்பகுதிகளின் ஆராய்ச்சிகளையும் நடத்தமுடியும். புதனுக்கும், ஞாயிற்றுக்குமிடையே இன்னும் உட்கோள்கள் எவையேனும் உண்டா என அறிய அதுவே தகக தருணமாகும்.

209. திங்கள் மறைப்பின் வரம்புகள் (Lunar ecliptic limits)

திங்களின் மறைப்பிற்கு முழுமதி நாளாக இருக்க வேண்டுமென்றும், திங்கள் ஒரு கோள் சந்திக்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டுமென்றும் பார்த்தோம். எந்த அளவிற்குக் கோள் சந்திக்கு அண்மையிலிருக்க வேண்டுமென இப்பொழுது கணிப்போம்.

படம் 152-ல் NM திங்களின் பாதை. NA ஞாயிற்றின்

திங்களின் பாதை

M

N

i

ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை

A

படம் 152.

தோற்றப் பாதை. A நிழற் கூம்பின் வெட்டுமுகத்தின் மையம். L வெட்டு முகத்தின் அரைக்கோணவிட்டம். திங்கள் ஒரு நிலையில் வெட்டு முக வட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிறது. திங்களின் மையம் M. இந்த நிலையில் $MA = l$ எனக் கொள்வோம்.

இது திங்களின் அகலாங்கைக் குறிக்கிறது. $\widehat{MNA} = i$ ஆக இருக்கட்டும். இது திங்களின் பாதை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையுடன் ஏற்படுத்தும் கோணத்தைக் குறிக்கிறது இந்த நிலையில் திங்கள் மறைப்பு துவங்குமெனக் கண்டோம். கோள முக்கோணம் MNA-ல் $\sin NA = \tan l \cot i$. இந்த வாய்பாட்டிலிருந்து NA-ன் மதிப்பைக் காணலாம். NA-ன் மதிப்பு இத் தருணத்திலுள்ள NA-ன் மதிப்பைவிட அதிகமாயின், திங்கள் மறைப்பு ஏற்படாது; குறைவாக இருப்பின் மறைப்பு ஏற்படும்.

i, l இரண்டும் மாறிலிகள். i-ன் மதிப்பு $4° 58'·8$ மதிப்பில் இருந்து $5° 18'·6$ மதிப்பு வரை மாறும். l-ன் மதிப்பு $= \alpha_0 + s'$ $= \frac{51}{50}(p' + p - s) + s'$.

l-ன் மதிப்பு p', p, s', s ஐப் பொறுத்து மாறும். $NA = x$ எனக் கொள்க.

i, மீப்பெரு மதிப்பைப் பெற்று, l மீச்சிறு மதிப்பைப் பெறுகையில், NA-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பு (x_1) ஆகும். i, மீச்சிறு

மதிப்பையும், l மீப்பெரு மதிப்பையும் பெறுகையில் NA-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பு (x_2) ஆகும்.

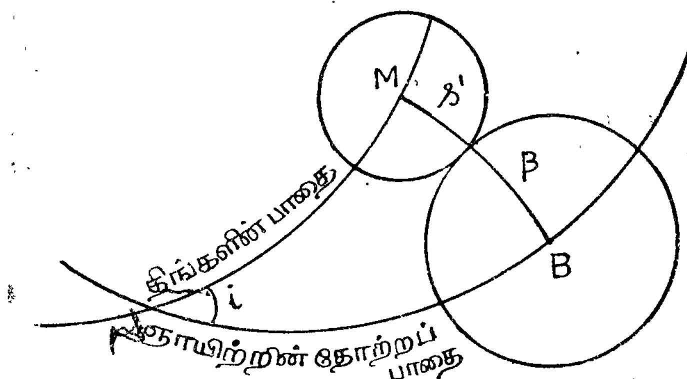
வெட்டுமுக மையம் A ஆனது, N-லிருந்து x_1 என்ற மீச்சிறு தூரத்திற்குக் குறைவான தூரத்தில் இருப்பின், உறுதியாகத் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும். x_2 என்ற மீப்பெரு மதிப்புடைய தூரத்திற்கு அதிகமான தூரத்தில் இருப்பின் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படாது. x_1 ஐத் திங்கள் மறைப்புக்குரிய 'மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு' (minor ecliptic limit) என்றும், x_2 ஐ 'மீப்பெரு மறைப்பு வரம்பு' (major ecliptic limit) என்றும் குறிப்பிட்டுள்ளார்கள்.

A என்ற புள்ளி ஞாயிற்றுக்கு நேரெதிர்ப்புள்ளியாகும். எனவே முழுமதியின்போது, ஞாயிறு மற்றொரு கோள் சந்தியிலிருந்து (N'-லிருந்து) x_1 தூரத்திற்குக் குறைவான தூரத்தில் இருப்பின் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும். ஞாயிற்றின் தூரம் x_2 ஐ விட அதிகமாக இருப்பின் மறைப்பு ஏற்படாது. மற்றொரு கோள் சந்தியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தூரம் x_1-க்கும், x_2-க்குமிடையே இருப்பின் திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட உறுதியுண்டு.

குறிப்பு: x_1-ன் மதிப்பு $= 9^\circ 5$

x_2-ன் மதிப்பு $= 12^\circ{\cdot}3$ எனக் கண்டுள்ளார்கள்.

210. ஞாயிறு மறைப்பின் வரம்புகள் (Solar ecliptic limits)



படம் 153.

படத்தில், NM — திங்களின் பாதை ;

NB — ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை ;

N — ஒரு கோள் சந்தி.

வெட்டு முகம் B_1 B_2-ன் மையம் B. வெட்டுமுகத்தின் அரைக்கோண விட்டம் β. திங்கள் ஒரு நிலையில் வெட்டு முகத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதைக் படத்தில் காணலாம். திங்களின் மையம் M. $MB = L$, திங்களின் அகலாங்கு, $M\hat{N}B = i$. இது ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையுடன் திங்களின் பாதை ஏற்படுத்தும் சரிவைக் குறிக்கிறது. இந்த நிலையில் ஞாயிறு மறைப்புத் துவங்கும் எனக் குறிப்பிட்டோம். கோள முக்கோணம் NBM-ல்,

$$\sin NB = \tan L \cot i.$$

இந்த வாய்பாட்டிலிருந்து NB ஐ அறியலாம். திங்கள் தன் பாதையில் செல்லுகையில் NB-ன் மதிப்பு இத்தருணத்தில் உள்ள மதிப்பைவிட அதிகமாக இருப்பின் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படா தென்பதும், அம் மதிப்பு இத் தருணத்திலுள்ள மதிப்பைவிடக் குறைவாக இருப்பின் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படும் என்பதும் உறுதி.

L-ன் மதிப்பு β, s' ஆகியவைகளின் மதிப்பைப் பொறுத்தது. அதாவது L-ன் மதிப்பு p', p, s, s' ஆகியவைகளை பொருத்ததாகும். i, L இரண்டும் மாறிலிகள்.

i-ன் மீப்பெரு மதிப்பையும் L-ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் எடுத்துக் கொண்டால், NB-ன் மதிப்பு மீச்சிறு மதிப்பாகும். இதை y_1 என்க.

i-ன் மதிப்பு மீச்சிறு மதிப்பாகி, L-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகையில், NB-ன் மதிப்பு மீப்பெரு மதிப்பாகும். இதை y_2 என்க.

வெட்டு முக மையத்தின் தூரம் கோள் சந்தியிலியிருந்து y_2 தூரத்திற்கு அதிகமாகில், ஞாயிறு மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படாது.

வெட்டு முக மையம் கோள் சந்தியிலிருந்து y_1-க்கும், y_2-க்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தில் இருந்தால் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதி யில்லை.

ஞாயிறு மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்பு y_1 எனவும் (minor solar ecliptic limit), மீப்பெரு வரம்பு (major solar ecliptic limit) y_2 எனவும் சொல்கிறோம்.

B என்ற புள்ளி ஞாயிற்றின் திசையிலேயே உள்ள புள்ளி யாகும். எனவே இருள்மதி நாளன்று, ஞாயிறு தனக்கு அண்மையிலுள்ள கோள் சந்தியிலிருந்து y_1 தூரத்திற்குக் குறை வான தூரத்தில் இருப்பின் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதி. ஞாயிறு தன் அண்மையிலுள்ள கோள் சந்தியிலிருந்து y_2 தூரத் திற்கு அதிகமான தூரத்தில் இருப்பின் ஞாயிறு மறைவு உறுதியாக ஏற்படாது. கோள் சந்திக்கும் ஞாயிற்றுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் y_1-க்கும், y_2-க்கும் இடையில் இருப்பின் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதியன்று.

குறிப்பு: y_1-ன் மதிப்பு $= 15°\cdot5$

y_2-ன் மதிப்பு $= 18°\cdot3$ எனக் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

211. ஞாயிறு திங்கள் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை

ஞாயிறு ஒரு கோள் சந்தியைக் கடக்கும் பொழுதோ, அல்லது ஓராண்டுக் காலத்திலோ, எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம் எனக் கணிக்க முடியும். இந்தக் கணிப்பு முறைக்குப் பயன்படும் இரு பட்டியல்கள் இங்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பட்டியல்—I

மறைப்பு வகை	மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு	மீப்பெரு மறைப்பு வரம்பு
திங்கள்	$9°\cdot5$	$12°\cdot3$
ஞாயிறு	$15°\cdot5$	$18°\cdot3$

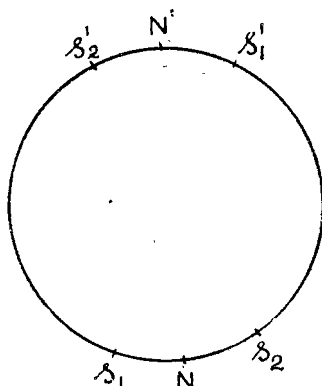
பட்டியல் – 2

ஞாயிற்றுவழி மாதம்	29·5 நாட்கள்
6 ஞாயிற்றுவழி மாதங்கள்	177 நாட்கள்
12 ஞாயிற்றுவழி மாதங்கள்	354 நாட்கள்
கோள் சந்திகளின் ஞாயிற்றுவழிக் கால வட்டம்	346·62 நாட்கள்
கோள் சந்திகளின் ஞாயிற்றுவழி அரைக் கால வட்டம்	173·31 நாட்கள்
கோள் சந்திகளைப் பொறுத்து ஞாயிற்றின் சார்வேகம்	மாதத்திற்கு 30°·63
கோள் சந்திகளைப் பொறுத்து ஞாயிற்றின் சார்வேகம்—ஒரு நாளுக்குத் தோராயமாக	1°.

212. கோள் சந்திகளுக்கு அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீச்சிறு எண்ணிக்கை (Minimum number of eclipses at or near a node)

N, N' ஞாயிற்று தோற்றப் பாதையின் இரு கோள் சந்திகள். அப்பாதையில் ஞாயிறு மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்பு $15°·5$ எனக் கொண்டோம். இந்த அளவு கொண்டு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் N-க்கு இரு பக்கமும், s_1, s_2 என்ற புள்ளிகளையும், N'-க்கு இரு பக்கமும் s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளையும் குறிக்கவும். அதாவது $Ns_1 = Ns_2 = N's_1' = N's_2' = 15°·5$. ஆகவே, $s_1' s_2' = 31°$ ஆகும். இந்தத் தூரத்தை ஞாயிறு கடந்து செல்வது ஒரு மாதத்திற்குச் சற்று அதிகமான காலமாகும். எனவே இக்கால இடைவெளியில் ஓர் இருள்மதி ஏற்படுவது உறுதி, அந்த இருள் மதி நாளன்று ஞாயிறு தன் அண்மையிலுள்ள கோள் சந்தியிலிருந்து மீச்சிறு மறைப்பு வரம்புக்குள் இருக்கும். ஆகவே ஒரு

ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதி. அவ்வாறே மற்ெருரு கோள் சந்தியின் அண்மையிலும், மற்ெருரு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதி.



படம் 154.

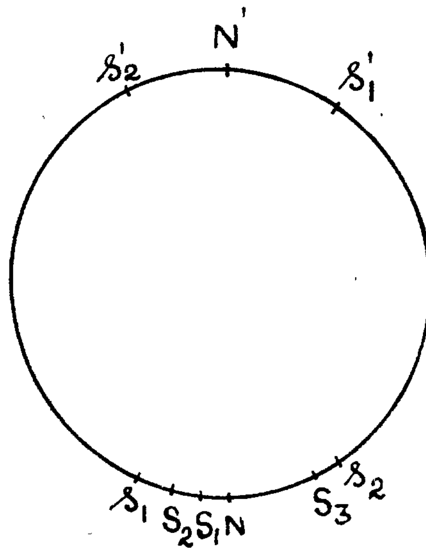
மேலும் திங்கள் மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்பு 9°·5 கோள் சந்தியை மையமாகக் கொண்டால், ஞாயிறு இவ் வரம்புக்குள் இருக்கும் காலம் ஞாயிறு 19° ஐக் கடக்கும் காலமாகும். இக்கால இடைவெளி ஒரு மாதத்தைவிடக் குறைவானதாகும். இக்கால இடைவெளியில் முழுமதி ஏற்பட வேண்டும் என்ற நியதி இல்லை. ஆகவே திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும் என்ற உறுதியில்லை. அவ்வாறே அடுத்த கோள் சந்தியிலும் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும் என்ற உறுதியில்லை.

ஞாயிறு ஓராண்டுக் காலத்தில் ஒவ்வொரு கோள் சந்தியையும், ஒரு முறையேனும் கடந்து செல்லும். ஆகவே ஒவ்வொன்றைக் கடக்கும்பொழுதும் ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுவது என்பது உறுதி. ஓராண்டுக் காலத்தில் ஒவ்வொரு கோள் சந்தியிலும் ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு வீதம் இரு ஞாயிறு மறைப்புகள் ஏற்படுவது உறுதி.

213. ஒரு கோள் சந்தியின் அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum number of eclipses at a node)

N, N' ஞாயிற்றுப் பாதையின் இரு கோள் சந்திகள். அப் பாதையில் ஞாயிறு மறைப்பின் மீப்பெரு மதிப்பான 18°·3 அளவு

எடுத்து N, N'-ன் இரு பக்கங்களிலும், முறையே s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கவும். அதாவது,



படம் 155.

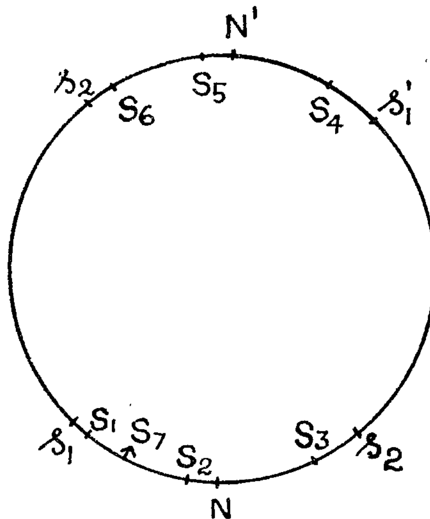
$$Ns_1 = Ns_2 = N's_1' = N's_2' = 18^\circ{\cdot}3.$$

ஆகையால் $s_1 s_2 = s_1' s_2' = 36^\circ{\cdot}6$ ஆகும்.

ஒரு மாதத்தில் ஞாயிறு கோள் சந்திகளைப் பொறுத்துச் செல்லும் தூரம் $30\frac{2}{3}^\circ$ ஆகும். எனவே ஞாயிறு s_1-லிருந்து s_2-க்குச் செல்ல ஒரு மாதத்திற்குமேல் ஏறக்குறைய 6 நாட்கள் ஆகும். ஞாயிறு N என்ற கோள் சந்தியை அடைவதற்கு 2 நாட்களுக்கு முன்னர் ஒரு முழுமதி ஏற்பட்டது எனக் கொள்வோம். $S_1N = 2^\circ$ என்றால், ஞாயிறு s_1-ல் இருக்கும். அப்பொழுது திங்கள் மறைப்பு உறுதியாக நிகழும். இதற்கு முந்தைய இருள் மதியின்பொழுது ஞாயிறு N என்ற கோள் சந்திக்கு $15\frac{1}{3}^\circ + 2^\circ = 17\frac{1}{3}^\circ$ பின் தள்ளியிருக்கும். அந்த இடத்தை s_2 எனக் கொண்டால், $s_2N = 17\frac{1}{3}^\circ$. இந்த மதிப்பு ஞாயிறு மறைப்பின் மீப்பெரு வரம்பு மதிப்பிற்குக் குறைவான மதிப்பாகும். எனவே அன்று ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படலாம். இதற்கு அடுத்த இருள்மதியின்போது ஞாயிறு N என்ற நிலையிலிருக்கும். இது ஞாயிறு மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்பிற்குள் இருப்பதால் இங்கு ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும்.

எனவே N என்ற கோள் சந்திக்கருகில் ஒரு திங்கள் மறைப்பும், இரண்டு ஞாயிற்று மறைப்புகளும் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உள்ளன. ஏதாவது ஒரு கோள் சந்திக்கருகில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்படலாம். அவைகளில் இரண்டு ஞாயிறு மறைப்புகளாகவும் ஒன்று திங்கள் மறைப்பாகவும் இருக்கும்

214. ஓராண்டுக் காலத்தில் நிகழக்கூடிய மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum number of eclipses in a year)



படம் 156.

படத்தில் N, N' ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் இரு கோள் சந்திகள். ஞாயிறு மறைப்பின் மீப்பெரு வரம்பின் மதிப்பான $18^\circ{\cdot}5$ அளவு எடுத்து N-க்கு இருபுறமும். N'-க்கு இருபுறமும், ஞாயிற்றுப் பாதையில் முறையே s_1, s_2; s_1'. s_2' என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கவும். அதாவது, $Ns_1 = Ns_2 = N's'_1 = N's'_2 = 18^\circ{\cdot}3$. அதாவது $s_1\,s_2 = s_1'\,s'_2 \cdot 36^\circ{\cdot}6$. ஞாயிறு N என்ற கோள் சந்தியை அடைவதற்கு இரண்டு நாட்களுக்கு முன்புள்ள நிலையை s_2 எனக் குறிப்போம். அன்று முழுமதி நாள் எனக் கொண்டால். அக்கோள் சந்திக்கு அருகில் 3 மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு எனக் கண்டோம். படத்தில் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்புகள் உள்ள மற்றிரு நிலைகளை S_1. S_3 எனக் குறிக்கவும். ஆகவே முன் விளக்கப்படி $S_1\,S_2 = S_2\,S_3 = 15\frac{1}{3}^\circ$ ஆகும். எனவே N-க்கு அருகில் ஞாயிறு S_1-ல் உள்ளபொழுது இருள்மதி ஏற்படும். $NS_1 = 17\frac{1}{3}^\circ$. S_1-ல் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படலாம் ... ... (1)

ஞாயிறு S_2-ல் இருக்கும்பொழுது முழுமதி ஏற்படும். $NS_2 = 2°$. S_2-ல் திங்கள் மறைப்பு ஏற்படலாம். ... ... (2)

ஞாயிறு S_3-ல் இருக்கும்பொழுது இருள்மதி ஏற்படும். $NS_3 = 13\frac{1}{3}°$ S_3-ல் ஞாயிற்று மறைப்பு ஏற்படும். ... . (3)

N என்ற கோள் சந்தியிலிருந்து ஞாயிறு புறப்பட்டு மறுபடியும் அக்கோள் சந்தியை அடைய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 346·6 நாட்கள் என நாம் கண்டோம். S_2-லிருந்து ஞாயிறு N'ஐ அடைய $2 + 173 = 175$ நாட்கள் ஆகும் அதாவது இன்னும் 2 நாட்கள் கழித்து 177 நாட்கள் ஆகும்பொழுது, 6 ஞாயிற்று வழி மாதங்கள் முடிவடையும். அன்றும் முழுமதி நாளாகும். அந்த நிலையை S_5 எனக் குறிப்போம். $N'S_5 = 2°$. S_5-ல் ஒரு திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும். ... (4)

S-க்குப் பின்னும், முன்னும் நிகழும் இருள்மதிகளின் நிலைகளை S_4. S_6 என்ற நிலைகளால் குறிப்பிடுகின்றோம். அப்பொழுது N'-க்கு அருகில் ஞாயிறு S_4-ல் இருக்கையில் இருள்மதி உண்டாகும். $N'S_4 = 13\frac{1}{3}°$. S_4-ல் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படும் ... ... (5).

S_6-ல் ஞாயிறு இருக்கையில் இருள்மதி உண்டாகும். $N'S_6 = 17\frac{1}{3}°$. அப்பொழுது ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படலாம். ... (6)

இந்த 6 மறைப்புகளுக்குப் பின் அதே ஆண்டில் ஏற்படும் மறைப்பினைப் பற்றி ஆராய்வோம்.

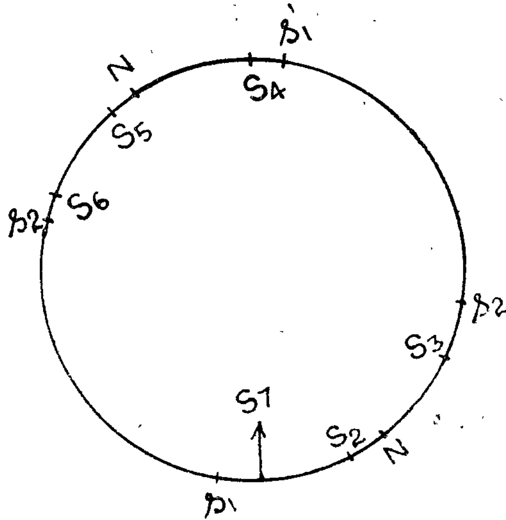
(i) ஆண்டுத் தொடக்கத்தில் ஞாயிறு மறைப்பு S_1-ல் நிகழ்கிறதெனக் கொள்வோம். S_1-லிருந்து ஞாயிறு புறப்பட்டு மீண்டும் S_1ஐ அடையும் பொழுது 346 நாட்கள் கடந்திருக்கும். ஆனால் 12 ஞாயிற்று வழி மாதங்கள் 354 நாட்களுக்குச் சமமாகும். ஆகவே S_1ஐ அடைந்து 8 நாட்களுக்குப் பின்னர் இருள் மதி ஏற்படும். அந்த நிலையை S_7 எனக் குறிப்போம். $S_7N = 9\cdot3$ ஆகும். ஆகையால் S_7-ல் ஞாயிறு மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். ... ... (7)

இந்த இருள் மதிக்கடுத்த, முழுமதி s_1 s_2-க் கிடையில் வந்தாலும் ஆண்டு முடிந்த காரணத்தால் இந்த மறைப்பை எடுத்து கொள்வதில்லை

எனவே நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் ஆண்டு ஞாயிறு மறைப்போடு தொடங்கினால், அந்த ஆண்டில் மொத்தம் 7 மறைப்புகள் நிகழலாம். அவற்றுள் 5 மறைப்புகள் ஞாயிற மறைப்புகளாகவும் இரண்டு மறைப்புகள் திங்கள் மறைப்புகளாகவும் இருக்கும்.

(ii) S_2-ல் திங்கள் மறைப்பு எனக் கொள்ளுவோம். அந்த நிலையில் ஆண்டு தொடங்குகிறது எனக் கொள்வோம். அப்பொழுது S_1 முந்தைய ஆண்டைச் சேர்ந்ததாகும். அதை விட்டு விட்டு, மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைப் பார்த்தால் S_2 S_5 என்ற இரு நிலைகளில் திங்கள் மறைப்பும், S_4, S_3, S_6 என்ற நிலைகளில் ஞாயிறு மறைப்பும் ஏற்படுகிறது. S_2-லிருந்து புறப்பட்டு ஞாயிறு மீண்டும் S_2 ஐ அடைய 346 நாட்கள் ஆகும். 12 ஞாயிற்று வழி மாதங்கள் 354 நாட்களுக்குச் சமம். ஆகவே S_2 ஐ அடைந்த 8 நாட்களுக்குப் பிறகு முழுமதி நிகழும். அந்த நிலையை S_8 என்று குறிப்பிட்டால், $NS_8 = 6°$ ஆகும். இங்குத் திங்கள் மறைப்பு உறுதியாக நிகழும். S_8-க்கு முந்தைய இருள்மதியின் போது S_7 என்ற நிலையில் ஞாயிறு இருக்கும். அன்று $NS_7 = 9\frac{1}{8}°$. அந்த நிலையில் ஞாயிறு இருள் மதிக்குப் போவதற்கு முன் ஆண்டுக் காலம் முடிந்துவிடும்.

எனவே நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் ஆண்டு, திங்கள் மறைப்பில் தொடங்கினுல், அந்த ஆண்டிலும் மொத்தம் 7 மறைப்புகள் நிகழும் என்றும், அவற்றுள் 4 ஞாயிறு மறைப்புகளாகவும், 3 திங்கள் மறைப்புகளாகவும் இருக்குமெனவும் அறிகிறோம்.



படம் 157.

எனவே நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் ஆண்டு திங்கள் மறைப்பில் தொடங்கினுல் அந்த ஆண்டிலும் மொத்தம் 7 மறைப்

புகள் நிகழும் என்றும், அவற்றுள் 4 ஞாயிறு மறைப்புகள் ஆகவும் 3 திங்கள் மறைப்புகள் ஆகவும் இருக்குமெனவும் அறிகிறோம்.

ஆகவே ஓராண்டுக் காலத்தில் மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை 7 எனவும், ஆண்டு ஞாயிறு மறைப்புடன் தொடங்கினல், அவ்வாண்டில் 5 ஞாயிறு மறைப்புகளும், 2 திங்கள் மறைப்புகளும் நிகழும் என்றும், ஆண்டுத் திங்கள் மறைப்புடன் தொடங்கினல், அவ்வாண்டில் 4 ஞாயிறு மறைப்புகளும் 3 திங்கள் மறைப்புகளும் ஏற்படுமெனவும் நாம் காண்கிறோம்.

215. சால்டிய நாட்டவரின் மறைப்புக் காலவட்டம் (The saros of the Chaldeans)

ஞாயிறு ஒரு கோள்சந்தியிலிருந்து புறப்பட்டு அதே கோள் சந்தியை மறுபடியும் அடையும் கால இடைவெளியை 346·62 நாட்கள் எனக் கண்டோம்.

ஒரு ஞாயிற்றின்வழி மாதத்திலுள்ள நாட்கள்

= 29·53 நாட்கள்.

கோள்சந்திகளின் 19 ஞாயிற்று வழிக் காலவட்டங்கள்

= 19 × 346·62

= 6585·78 நாட்கள்.

223 ஞாயிற்றுவழி மாதங்கள்

= 223 × 29·5306

= 6585·32 நாட்கள்.

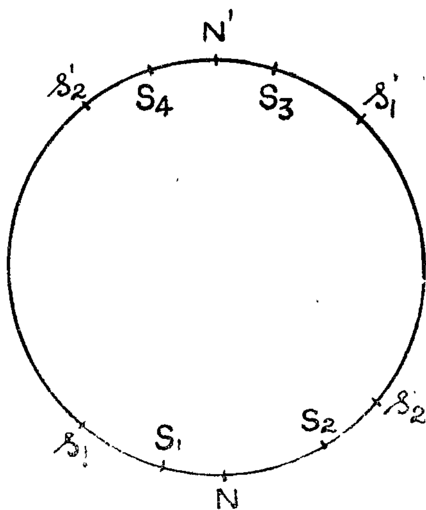
ஆகவே கோள்சந்திகளின் 19 ஞாயிற்றுவழிக் கால வட்டங்களுக்கும், 223 ஞாயிற்றுவழி மாதங்களுக்கும் தோராயமாக 6585 நாட்கள் எனக் கொள்ளலாம். இவைகளுக்கிடையேயுள்ள வேறுபாடு மிகச் சிறியது; அதாவது 11 மணி 2·4 நிமிடமாகும். ஆகவே $6585\frac{1}{3}$ நாட்களுக்குச் சமமான 18 ஆண்டுகள் $10\frac{1}{3}$ (இடைக் காலத்தில் 5 நெட்டாண்டுகள்) நாட்களில் அல்லது 18 ஆண்டுகள் $11\frac{1}{3}$ நாட்களில் (இடைக் காலத்தில் 4 நெட்டாண்டுகள்) திங்களின் கோள்சந்திகள் ஞாயிற்றைப் பொருத்து 19 முறை முழுச் சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கும் எனவே. இந்தக் காலவட்டத்தில் கோள்சந்திகள் பின்னணியில் பூமியும், ஞாயிறும், திங்களும் திரும்பத் திரும்ப அதே நிலைகளில் வந்து அமையும். எனவே 6585 நாட்களுக்குமுன் எத்தகைய மறைப்பு ஏற்பட்டதோ, அதே மறைப்பு அதே அளவில் அன்றும் அப்படியே

மாற்றமில்லாது நிகழும். ஒருமுறை மறைப்புகளைக் கணக்கிட்டுக் கொண்டு விட்டால், மறுபடி இந்தக் காலவட்டத்தில் ஏற்படும் மறைப்புகளை எளிதில் புரிந்துகொள்ளலாம். இதனைச் சால்டிய நாட்டு வானியல் அறிஞர்கள் முதன் முதலாகக் கண்டுபிடித்தனர். அக் காலவட்டத்திற்கு 'மறைப்புக் காலவட்டம்' (soras) எனப் பெயர் சூட்டினர்.

இன்று இருள்மதி ஏற்பட்டு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்பட்டிருந்தால் 6585 நாட்கள் கழிந்து அதே ஞாயிறு மறைப்பு அதே அளவில் ஏற்படும். ஆனால் மறைப்பு இன்றைவிட 8 மணி நேரம் கழித்து நிகழும். இம் மாறுதல் $\frac{1}{3}$ நாளைச் சரிகட்டவேண்டிய காரணத்தால் ஏற்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. மார்ச்சு மாதம் 15 ஆம் தேதி முழுமதி நாள். அன்று ஞாயிறு ஒரு கோள் சந்திக்கு 8° பின்தள்ளியிருக்கிறது. அவ்வாண்டில் எத்தனை; எவ்வகை மறைப்புகள் ஏற்படலாம் என ஆராய்க. (அ. ப.)



படம் 158.

படத்தில் N, N' கோள் சந்திகள். N-லிருந்து ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையில் N-க்கு இரு புறமும், s_1, s_2 புள்ளிகளை 18°·3 தூரத்தில் குறிக்கவும். அதே மாதிரி N' என்ற கணுவுக்கு இரு புறமும் s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கவும்.

$$Ns_1 = Ns_2 = N's_1' = N's_2' = 18^\circ{\cdot}3.$$

$$\therefore \quad s_1 s_2 = s_1' s_2' = 36^\circ{\cdot}6.$$

மார்ச்சு மாதம் 15 ஆம் தேதி ஞாயிறு N என்ற கோள் சந்திக்கு 8° பின் தள்ளியுள்ளது. S_1 என்ற நிலை அன்றைய ஞாயிற்றின் நிலையைக் குறிக்கட்டும். அன்று முழுமதி நாள் எனக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. முழுமதி நாளன்று ஞாயிறு கோள் சந்தியிலிருந்து 8° தொலைவில் (திங்கள் மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்புக் குட்பட்டு) இருப்பதால், 'திங்கள் மறைப்பு' அன்று நிகழும். இந்த முழுமதிக்கு முன்வந்த இருள்மதியன்று $15\frac{1}{3}^\circ + 8^\circ = 23\frac{1}{3}^\circ$ தொலைவில் ஞாயிறு இருக்கும். ஆனால் அந்தத் தொலைவு ஞாயிறு மறைப்பு வரம்பின் மீப்பெரு மதிப்புக்கு அதிகமானதால், மறைப்பு ஏற்படாது. மார்ச்சு 15 ஆம் தேதிக்குப் பிறகு வரும் இருள் மதியின்போது ஞாயிற்றின் நிலை S_2 ஆக இருக்கட்டும். அன்று $NS_2 = 7\frac{1}{3}^\circ$. ஆகையால் ஞாயிறு மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். அன்றைய தேதி மார்ச்சு 30.

அதற்கடுத்த முழுமதியின் நிலை ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளின் மீப்பெரு வரம்புக்கு அப்பாற்பட்டது. N' என்ற கோள் சந்திக்கு அருகில் வருகையில், ஞாயிறு N-லிருந்து N'-க்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 178 நாட்கள். அது ஞாயிற்று வழி மாதங்கள் 177 நாட்களுக்குச் சமமாகும் ஆகவே 6 ஞாயிற்று வழி மாதங்களுக்குப் பிறகு, ஞாயிற்றின் நிலை S_3 ஆக இருந்தால், $NS'_3 = 4^\circ$ ஆகும். அப்பொழுது முழுமதி ஏற்படுவதால், ஒரு திங்கள் மறைப்பு ஏற்படும். அன்றைய தேதி செப்டெம்பர் 8 ஆம் தேதியாகும். அதற்குப் பின்வரும் இருள் மதியின்போது ஞாயிற்றின் நிலை S_4 ஆகட்டும். அன்று $N'S_4 = 15\frac{1}{3}^\circ - 4^\circ = 11\frac{1}{3}^\circ$ ஆகும். அன்று ஞாயிறு மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். அன்றைய தேதி செப்டெம்பர் 23 ஆகும். ஞாயிறு மறுமுறை N என்ற கணுவுக்கு அருகில் வர அடுத்த ஆண்டாகும். ஆகவே கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஆண்டில், நான்கு மறைப்புகள் ஏற்படும். அவைகள் இரண்டு ஞாயிறு மறைப்புகள், இரண்டு திங்கள் மறைப்புகள் ஆகும்.

(i) மார்ச்சு 15 ஆம் தேதி திங்கள் மறைப்பு

(ii) மார்ச்சு 30 ஆம் தேதி ஞாயிறு மறைப்பு

(iii) செப்டெம்பர் 8 ஆம் தேதி திங்கள் மறைப்பு

(iv) செப்டெம்பர் 23 ஆம் தேதி ஞாயிறு மறைப்பு.

பயிற்சி 21

1. திங்கள் மறைப்பு எப்படி ஏற்படுகிறது? ஏன் ஒவ்வொரு முழுமதியின்போதும் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை? (செ ப.)

2. ஞாயிறு மறைப்பு எப்படி ஏற்படுகிறது? ஏன் ஒவ்வொரு இருள்மதியின் போதும் ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை? (செ. ப.)

3. கோள்சந்திகள் என்றால் என்ன? அவைகள் எவ்வாறு மறைப்புகள் ஏற்படுவதிலும், மறைப்புகளின் எண்ணிக்கைகளிலும் பங்கு கொள்கின்றன என்பதை விளக்குக. (செ. ப.)

4. கோள்சந்திகளின் பிற்போக்கு ஆண்டு ஒன்றுக்கு $19\frac{1}{3}°$, ஞாயிறு ஒரு கோள்சந்தியிலிருந்து புறப்பட்டு அதே கோள் சந்திக்குத் திரும்பிவர 346·62 நாட்களாகும் எனக் காட்டுக. (செ. ப.)

5. குறை, முழு வளைய ஞாயிறு மறைப்புகள் ஏற்படக் காரணங்கள் யாவை? (செ. ப.)

6. குறிப்பிட்ட காலத்தில் அதிகமான ஞாயிறு மறைப்புகள் நிகழ்கின்றன என்பதையும், குறிப்பிட்ட இடத்தில் திங்கள் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை ஞாயிறு மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைவிட அதிகம் என்பதையும் தகுந்த காரணங்களுடன் விளக்குக. (செ. ப.)

7. திங்கள் மறைப்புகளுக்கும், ஞாயிறு மறைப்புகளுக்கும் இடையேயுள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகளை விளக்குக. (செ. ப.)

8. 'மறைப்பு வரம்புகள்' (ecliptic limits) என்பவைகளை விளக்குக அவைகள் எப்படி கணக்கிடப்படுகின்றன என்பதையும் விளக்குக. (செ. ப.)

9. ஓராண்டுக் காலத்தில் நிகழக்கூடிய மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை ஏழு எனவும், ஆண்டு, ஞாயிறு மறைப்புடன் தொடங்கினால், அவ்வாண்டில் ஐந்து ஞாயிறு மறைப்புகளும் இரண்டு திங்கள் மறைப்புகளும் உண்டென்றும் ஆண்டு, திங்கள் மறைப்புடன் தொடங்கினால் நான்கு ஞாயிறு மறைப்புகளும், மூன்று திங்கள் மறைப்புகளும் நிகழுமென்றும் காண்க. (செ. ப.)

10. யாதாமொரு கோள்சந்தியின் வழியாக ஞாயிறு செல்லுகையில் குறைந்தது ஒரு மறைப்பு ஏற்படுமெனவும் 3 மறைப்புகளுக்குமேல் ஏற்படாதெனவும் நிறுவுக.

11 யாதாமொரு கோள்சந்தியிலிருந்து, இருள் மதியின் போது ஞாயிற்றின் நிலை 18° 8 தொலைவில் இருந்தால், ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படலாம். எனவும், 15·5° தொலைவில் இருந்தால் ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்படுமெனவும் காட்டுக.

12. திங்கள் மறைப்பின் கால அளவின் மீப்பெரு மதிப்பை முழுத்திங்கள் மறைப்பின்போது கணக்கிடுக.

13. 18 ஆண்டுகள் 10 நாட்கள் (அல்லது 11 நாட்கள்) காலவட்டத்தில் மறைப்புகள் தவருத முறையில் நிகழ்வதன் காரணங்களை விளக்கிக் கூறுக. ஒவ்வொரு காலவட்டத்திலும் மறைப்புகளின் வகைகள் எப்படி மாறுபடுகின்றன? ஏன் அப்படி மாறுபடுகின்றன?

(செ. ப.)

14. ஒரு மாதத்தில் 3 மறைப்புகள் ஏற்படலாம் எனக் காட்டுக. அத்தகைய சூழ்நிலையில் ஏற்படும் மறைப்பு எத் தகையது?

15. ஓர் இருள் மதியின்போது பின்வரும் பதிவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஞாயிற்றின் புவிமையத் தோற்றப்பிழை = 8″·7.
திங்களின் புவிமையத் தோற்றப்பிழை = 1° 1′ 20″·2.
ஞாயிற்றுக் கோண அரை விட்டம் = 15′ 48″·2.
திங்களின் கோண அரை விட்டம் = 16′ 42″·0.
திங்கள் மையத்தின் அகலாங்கு = 1° 4′ 8″·0.

அன்று ஞாயிறு மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்புள்ளதா என்பதைக் கவனிக்கவும்.

16. மேற்கண்ட பதிவுகளே ஒரு முழு மறைப்பின் பொழுது கொடுக்கப்பட்டால் திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்புண்டா எனக் கணக்கிடுக.

17. திங்களின் புவி மையத் தோற்றப் பிழை 57′. ஞாயிற்றினுடையது 9″. பூமி ஏற்படுத்தும் நிழற் கூம்பின் விட்டத் தைக் காண்க.

18. ஞாயிறு திங்கள் இவைகளின் அரை விட்டங்கள் முறையே 15′ 34″; 16′ 1″ எனவும், அவற்றின் புவி மையத்

தோற்றப் பிழைகள் முறையே $8''\cdot 8$, $57'\ 3''$ எனவும் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. திங்களின் மையம் பூமி நிழலைக் கடக்கும் இடத்தில் அந் நிழலின் கோண விட்டம் காண்க.

அந் நிழற் கூம்பின் அச்சை ஒட்டி திங்கள் மணிக்கு $30''5$ கோண வேகம் பெற்றிருக்கிறதென நிறுவுக.

19. பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பதிவுகளைக் கொண்டு ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகள் நிகழ என்ன நிபந்தனைகள் தேவை எனக் காண்க.

$$p = 8'' ; \quad p' = 57' ; \quad s = 16' ; \quad s' = 15'$$

(குறியீடுகளை மரபுப்படி கொள்க). (செ. ப.)

20. 1970-ம் ஆண்டு பிப்ரவரி 2-ம் தேதி ஒரு திங்கள் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. மார்ச்சு 7-ம் தேதி ஒரு ஞாயிறு மறைப்பு நிகழ்ந்தது. அதற்குரிய காரணத்தை விளக்குக.

21. 1968-ம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 22-ம் நாள் ஓர் இருள் மதி நாள். அன்று ஞாயிறு ஒரு கோள் சந்தியிலிருந்து $90°$ பின் தள்ளியிருந்தது. அடுத்த அக்டோபர் 6-ம் நாள் திங்கள் மறைப்பு ஏற்பட முடியுமா எனக் காண்க.

22. ஓராண்டில் மார்ச்சு மாதம் முழுமதி நாளில் ஞாயிறு ஒரு கோள் சந்திக்கு $9°$ பின் தள்ளிய தூரத்தில் இருந்தது. அந்த ஆண்டில், அதாவது டிசம்பர் முடிய எத்தனை ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகள் ஏற்படலாமெனக் கணக்கிடுக.

23. 1970-ம் ஆண்டில் பிப்ரவரி 21-ம் தேதி திங்கள் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. அந்த ஆண்டில் எத்தனை ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகள் ஏற்படுமெனக் கணக்கிடுக.

24. ஒரு நெட்டாண்டில் சூன் 27-ம் நாள் ஞாயிறு ஒரு கோள் சந்தியிலிருந்து $12°$ பின் தள்ளியிருந்தது. அந்த முழுப் பஞ்சாங்க ஆண்டில், எத்தனை ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகள் ஏற்பட்டிருக்கும் எனக் கணக்கிடுக.

16. கோள்களின் இயக்கங்கள்

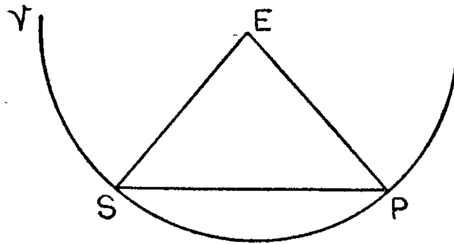
(Motions of planets)

216. கோள்கள் அனைத்தும் வெவ்வேறான பாதைகளில் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன. அவை யாவும் நீள்வட்டப் பாதையில் கெப்ளரின் மூன்று விதிகளின்படி இயங்குகின்றன. அவைகளின் இயக்கப் பாதைகளின் குவிமையப் பிறழ்வுகள் மிகச் சிறியவைகளாய் இருப்பதால், ஏறக்குறைய அப்பாதைகளை ஞாயிற்றை மையமாகக் கொண்ட பொதுமைய வட்டங்களாகக் கருதலாம். அவைகளின் இயங்கு தளங்கள் பூமியின் இயங்கு தளத்திற்குச் சிறிதளவு மட்டுமே சாய்ந்திருப்பதால் அவைகள் ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைத் தளத்திலேயே இயங்குவதாகக் கொள்ளலாம். ஆகையால் கோள்களின் பாதைகளை ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ள ஞாயிற்றை மையமாகக் கொண்ட பொதுமைய வட்டங்களாகக் கருதுவோம்.

217. திசை விலக்கம், பிறையளவு, ஒரு திசை நிலை, எதிர்த் திசை நிலை (Elongation, phase, conjunction and opposition).

இவைகளைப் பற்றித் 'திங்கள்' (The moon) என்ற பகுதியிலேயே பார்த்துள்ளோம். மீண்டும் ஒரு கோளைப் பொறுத்து, பொதுவாக, அவைகளை வரையறுப்போம்.

திசை விலக்கம் (Elongation)



படம் 159.

படத்தில் E -பூமி. S-ஞாயிறு. P -கோள்.

பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் ஒரு கோளின் திசை விலக்கம் (Elongation) என்னவென்ருல், ஞாயிறு, கோள் ஆகியவைகளின் நெட்டாங்குகளின் வேறுபாடே ஆகும்.

γ, படத்தில் மேடமுதற் புள்ளி.

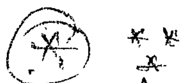
ஞாயிற்றின் நெட்டாங்கு $= \gamma S$.

கோளின் நெட்டாங்கு $= \gamma P$.

திசை விலக்கம் $= SP$.

$=$ கோணம் SEP ஆகும்.

இது, கோளையும், ஞாயிற்றையும் சேர்க்கும். ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சிறு வில் பூமியில் எதிர்கொள்ளும் கோண மாகும். அல்லது பூமியிலிருந்து பார்க்கையில், ஞாயிற்றின் திசைக்கும் கோளின் திசைக்கும் உள்ள வேறுபாடு ஆகும். கோள் ஞாயிற்றுக்குக் கிழக்கில் இருந்தால், கிழக்குத் திசைவிலக்கம் எனவும், மேற்கில் இருந்தால் மேற்குத் திசை விலக்கம் எனவும் குறிப்பிடுகிருேம்.

பிறையளவு (Phase) 

பிறையளவு $= \frac{1}{2}(1 + \cos \widehat{SPE})$.

ஒரு திசை நிலை (Conjunction)

கோளின் திசை விலக்கம் '0' மதிப்பைப் பெற்ருல், அக்கோள் ஒரு திசை நிலையில் இருக்கிறது எனச் சொல்கிருேம். அதாவது கோளும், ஞாயிறும் பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் ஓரே திசையில் அமையும்.

எதிர்த்திசை நிலை (Opposition)

கோளின் திசை விலக்கம் $180°$ மதிப்பைப் பெற்ருல், அக் கோள் எதிர்த்திசை நிலையிலுள்ளது எனச் சொல்கிருேம். அதாவது பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் ஞாயிறும், கோளும் எதிர் எதிர்த் திசையில் அமைகின்றன. பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் கோளும் ஞாயிறும் ஒரே நெட்டாங்கைப் பெற்ருல் கோள் நெட் டாங்கில் ஒரு திசை நிலையில் உள்ளது (conjunction in longitude) எனச் சொல்கிருேம். அவைகளின் நெட்டாங்குகள் $180°$ மதிப்பில் வேறுபட்டால் கோள் நெட்டாங்கில் எதிர்த்திசை நிலையிலுள்ளது

(opposition in longitude) எனச் சொல்கிறோம். அதே மாதிரி வல ஏற்றத்திலும் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

கோள் ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒரு முறை சுற்றி வருவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் கால அளவைக் கோளின், 'மீன்வழிக் கால வட்டம்' (sidereal period) அல்லது 'கால வட்டம்' (periodic time) எனச் சொல்கிறோம்.

218. கோள்களின் கோண, திசை வேகங்கள் (Angular and Linear velocities of planets)

கோள்களின் இயக்கப் பாதைகளை வட்டமெனக் கொள்வோம். P_1, P_2 என்ற இரு கோள்களின் பாதைகளின் ஆரங்கள் முறையே a_1, a_2 ஆக இருக்கட்டும். T_1, T_2 முறையே அவைகளின் கால வட்டங்களாக இருக்கட்டும். ஒவ்வொரு கோளின் பாதையில் அதன் கோண வேகம் மாறிலியாக இருக்கும். ω_1, ω_2 முறையே அவைகளின் கோண வேகங்களாக இருக்கட்டும்.

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}; \quad \omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

கெப்ளரின் 3 ஆவது விதிப்படி,

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

(1) ஐ (2)-ல் ஈடு செய்கையில்,

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{a_2^{3/2}}{a_1^{3/2}} \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

கோள்களின் திசை வேகங்கள் முறையே v_1, v_2 ஆக இருக்கட்டும்.

$$v_1 = a_1 \omega_1; \quad v_2 = a_2 \omega_2$$

$$\therefore \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{a_2^{3/2}}{a_1^{3/2}}$$

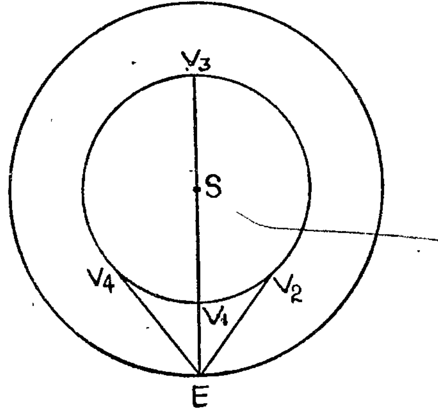
$a_2 > a_1$ ஆக இருந்தால், $v_1 > v_2$; மேலும் $\omega_1 > \omega_2$.

ஆகவே ஞாயிற்றுக்கு அண்மையிலுள்ள கோள், சேய்மையிலுள்ள கோளைவிட, கோண திசை வேகங்களை அதிக அளவில் பெற்றிருக்கும்.

219. உட் கோள், புறக் கோள் (Inferior planet and Superior planet)

ஞாயிற்றுக்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள கோள்கள் உட் கோள்கள் எனவும், ஏனைய கோள்கள் புறக் கோள்கள் எனவும் அழைக்கப்படும்.

220. உட்கோளின் திசை விலக்கம், பிறையளவு ஆகியவைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (Changes in the elongation and phase of an inferior planet)



படம் 160.

வெள்ளி, சுற்றி வரும் ஓர் உட் கோளாகும். உள் வட்டம், ஞாயிற்றைச் சுற்றி வரும் வெள்ளியின் பாதையாக இருக்கட்டும். வெளி வட்டம் பூமியின் பாதையாக இருக்கட்டும். வெள்ளி ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்குகையில், யாதாமொரு தருணத்தில் பூமியையும், ஞாயிற்றையும் சேர்க்கும் நேர் கோட்டில், அது அமையக் கூடும். அத் தருணத்தில் V_1 வெள்ளியின் நிலையாக இருக்கட்டும். இப்பொழுது வெள்ளியின் திசை விலக்கம் 0 ஆகும். அது ஒரு திசை நிலையில் உள்ளது. ஆரக்கோடு SV_1, ஆரக்கோடு SE ஐவிட வேகமாகச் சுற்றும். V-ன் திசை வேகம் E-ன் திசை வேகத்தைவிட அதிகமாகும். அவை ஒரே திசையில் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன. SE ஐப் பொறுத்து, SV ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்குவதாகக் கொள்வோம். இங்கு SE நிலையாக இருப்பதாக எடுத்துக் கொள்கிறோம்.

V_1 என்ற நிலையில் வெள்ளியின் திசை விலக்கம் = 0.

$$\text{அதன் பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{V_1}E)$$

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos 180°) = 0.$$

ஆகவே வெள்ளி, கரு வெள்ளியாக இருக்கும். SV இடஞ்சுழியாக சார்கோண வேகத்தில் சுற்றும். E-லிருந்து வெள்ளியின் பாதைக்கு EV_2, EV_4 என்ற தொடு கோடுகள் வரைவோம். வெள்ளி V_1 என்ற நிலையிலிருந்து V_2 என்ற நிலைக்கு வருகையில் அதன் திசை விலக்கத்தின் மதிப்பு மிகையாகிறது. வெள்ளி, தன் மீப்பெரு திசை விலக்கத்தை V_2 என்ற நிலையில் அடைகிறது.

மீப்பெரு திசை விலக்கம் = கோணம் SEV_2

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{V_2}E)$$

கோணம் $S\hat{V_2}E$ (180°-லிருந்து) 90°-க்குக் குறைகிறது.

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos 90°) = \frac{1}{2}.$$

அதாவது சில நாட்களில், வெள்ளி ஒரு பிறையாகக் காட்சியளிக்கும். V_3 என்ற நிலையில் அரைவட்ட வடிவைப் பெறும். V_2 என்ற நிலையில் வெள்ளியை நீண்ட காலம் பார்க்க முடியும். EV_1 ஐ நீட்டினால் உள் வட்டத்தை அது V_8-ல் வெட்டட்டும். V_2-லிருந்து V_8-க்குச் செல்லும்பொழுது, வெள்ளியின் திசை விலக்கம் தன் மீப்பெரு மதிப்பிலிருந்து குறைந்து கொண்டே வந்து, மறுபடியும் பூச்சிய (0) மதிப்பைப் பெறுகிறது. V_8 என்ற நிலையில்

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{V_8}E)$$

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos 0) = 1.$$

அதாவது அன்று முழு வெள்ளி தெரியும். ஆனால் இந்த நிலையில் வெள்ளியும், ஞாயிறும் பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் ஒரே திசையில் அமைவதால் வெள்ளி நமக்குத் தெரியாது. V_1-லிருந்து

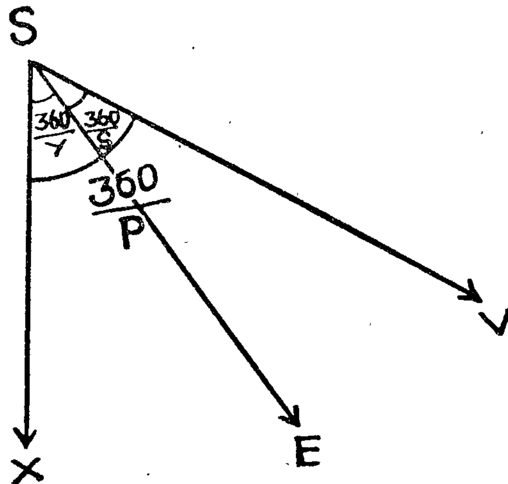
V_3-க்குச் செல்லுகையில் வெள்ளியின் பிறையளவு 0-லிருந்து 1 வரை மாறுகிறது.

V_1-ல் வெள்ளியிருக்கும்பொழுது அந்நிலையை அண்மை ஒரு திசைநிலை (inferior conjunction) எனவும், V_3-ல் வெள்ளி இருக்கும்பொழுது, அந்நிலையை ஒரு திசை நிலை (superior conjunction) எனவும் குறிப்பிடுகிறோம்.

V_3-லிருந்து V_4-க்குச் செல்லுகையில் பிறையளவு ஒன்றிலிருந்து பாதியாகக் குறைகிறது. திசை விலக்கம் தன் பூச்சிய மதிப்பிலிருந்து தன் மீப்பெரு மதிப்பை மறுபடியும் பெறுகிறது. சுற்றுக் கால இறுதியில் மறுபடியும் V_1 ஐ அடைகிறது.

221. ஓர் உட்கோளின் 'ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலம்' (Synodic period of an inferior planet)

ஓர் உட்கோளின் இரண்டு அடுத்தடுத்த அண்மை ஒரு திசை நிலைகளுக்கோ சேய்மை ஒருதிசை நிலைகளுக்கோ இடைப்பட்ட காலத்தைக் கோளின் 'ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலம்' (synodic period of the planet) எனச் சொல்கிறோம். அதாவது ஞாயிற்றையும், கோளையும் சேர்க்கும் ஆரக்கோடு, ஞாயிற்றையும், பூமியையும் சேர்க்கும் ஆரக் கோட்டைப் பொறுத்து 360° சுற்றுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகக் கருதலாம்.



படம் 161.

P = உட்கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலம்.

S = உட்கோளின் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக் காலம்.

Y = ஓராண்டு காலம்.

படத்தில், X என்பது ஒரு விண்மீன் ; E பூமி ; V வெள்ளியின் நிலை ; S ஞாயிறு.

ஒரு நாளில் விண்மீனைப் பொறுத்து ஞாயிற்றைச் சுற்றி கோள் ஏற்படுத்தும் கோணம் $= \frac{360°}{P}$.

ஒரு நாளில் விண்மீனைப் பொறுத்து ஞாயிற்றைச் சுற்றி பூமி ஏற்படுத்தும் கோணம் $= \frac{360°}{Y}$.

ஒரு நாளில் பூமியைப் பொறுத்து ஞாயிற்றைச் சுற்றி வெள்ளி ஏற்படுத்தும் கோணம் $= \frac{360°}{S}$.

$$\frac{360}{P} = \frac{360}{Y} + \frac{360}{S}.$$

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{S}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{Y}.$$ எனவாகும்.

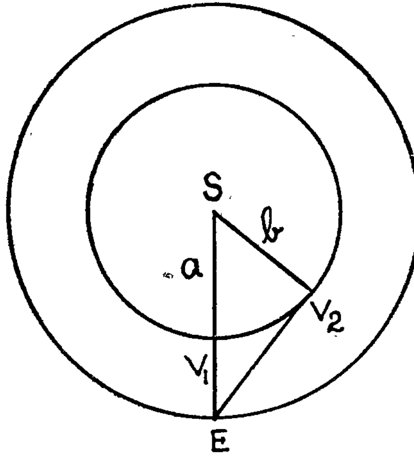
222. ஓர் உட்கோளின் மீப்பெரு திசை விலக்கத்தைக் கணக்கிடல் (To find the maximum elongation of an inferior planet)

வெள்ளி ஓர் உட்கோள். அது ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகையில் மீப்பெரு திசை விலக்கம் V_2 என்ற நிலையில் ஏற்படும் எனக் கண்டோம். அப்பொழுது $S\hat{V_2}E = 90°$ எனவும் கண்டோம். $SE = a$; $SV_2 = b$;

முக்கோணம், SV_2E-ல்

$$\sin\theta = \frac{b}{a}.$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{b}{a}\right).$$



படம் 162.

அதாவது, உட்கோளின் மீப்பெரு திசை விலக்கம்

$$= \sin^{-1}\left[\frac{\text{கோளிற்கும் ஞாயிற்றுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்}}{\text{பூமிக்கும் ஞாயிற்றுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்}}\right]$$

வெள்ளியின் மீப்பெரு திசை விலக்கம் $= \sin^{-1}\left(\frac{0\cdot7a}{a}\right)$

$= \sin^{-1}(0\cdot7)$

$= 45°$ தோராயமாக.

குறிப்பு: புதனின் மீப்பெரு திசை விலக்கம் (தோராயமாக) 28° ஆகும்.

223. உட்கோளின் இயக்கத்தைப் பற்றிய மற்றும் சில குறிப்புகள் (Some more points of note in the case of an inferior planet)

1. அண்மை ஒரு திசை நிலையில், உட்கோள் பூமிக்கு அருகிலும், சேய்மை ஒரு திசை நிலையில் பூமிக்குச் சேய்மையிலும் இருக்கும்.

2 உட்கோள் ஒருபோதும் எதிர்த்திசை நிலையில் (opposition) இருக்க முடியாது. அதன் திசை விலக்கம் 0° மதிப்பிலிருந்து குறுங்கோண அளவிற்கு உயர்ந்து மறுபடியும் 0° அளவிற்கே குறைந்து விடுகிறது.

3. வெள்ளியின் திசை விலக்கத்தின் மீப்பெரு மதிப்பு 45° முதல் 47·75° வரை மாறும். ஆகவே வெள்ளியானது ஞாயிற்றிலிருந்து மிகக் குறைவான கோணத் தொலைவிலுள்ளது. ஆகையால் ஞாயிறு மறைந்த பின்னரும், ஞாயிறு தோன்றும் முன்னரும் சிறிது காலத்திற்கு வெள்ளியைக் காணலாம். பெரும்பாலும் சந்தி மெல்லொளியின் காரணமாக வெள்ளியைப் பார்க்க முடியாது. கோளின் திசை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகையில் சிறிது காலத்திற்கு வெள்ளியைப் பார்க்க முடியும்.

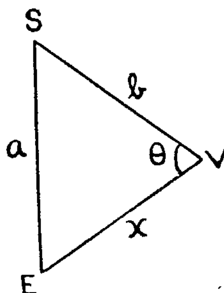
4. புதனின் திசை விலக்கம் மிகக் குறைவாதலால் அது கட்புலனாகாது. திசை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்பொழுது தொலைநோக்கி மூலம் புதனைக் காணலாம்.

5. திங்களைப்போல், உட்கோள்கள் எல்லாப் பிறையளவுகளையும் ஏற்கும். முழுமதியை நாம் பார்க்கலாம். ஆனால் முழு வெள்ளியையோ புதனையோ பார்க்க முடியாது. ஏனெனில் ஞாயிறு இடையில் இருப்பதால் வெள்ளியின் அல்லது புதனின் முழு உருவம் நமக்குத் தெரியாது.

6. வெள்ளியின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்தை S நாட்கள் எனவும், $E\hat{S}V_2 = E\hat{S}V_4 = \phi$ எனவும் கொண்டால், வெள்ளி V_4-லிருந்து V_2-க்குச் செல்ல, $\frac{2\phi}{2\pi}(S) = \frac{\phi S}{\pi}$ நாட்கள் ஆகும். V_2-லிருந்து V_4-க்குச் செல்ல $\left(S - \frac{\phi S}{\pi}\right) = S\left(1 - \frac{\phi}{\pi}\right)$ நாட்களாகும்.

224. வெள்ளி தன் மீப்பெரு பளபளப்பை எப்பொழுது பெறுமெனக் கணக்கிடல் (To find when Venus is brightest)

ஒரு கோளின் பளபளப்பு,



படம் 163.

1. அதன் பிறையளவிற்கு நேர்விகிதத்திலும்,

2. பூமியிலிருந்து அக்கோள் இருக்கும் தூரத்தின் இரட்டிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும்.

படத்தில் யாதாமொரு தருணத்தில்,

S-ஞாயிறு; V-வெள்ளி; E-பூமி நிலைகளாக விருக்கட்டும்.

$SV = b$; $SE = a$; $EV = x$; $S\hat{V}E = \theta$ ஆக இருக்கட்டும்.

B பளபளப்பைக் குறிக்கட்டும்.

$$\therefore \quad B = \frac{K \times \text{பிறையளவு}}{x^2}$$

$$= \frac{K(1 + \cos\theta)}{2x^2}$$

$$= \frac{K\left(1 + \dfrac{b^2 + x^2 - a^2}{2bx}\right)}{2x^2}$$

$$= \frac{K}{2b}\left[\frac{(b+x)^2 - a^2}{x^3}\right]$$

B மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகையில், $\frac{dB}{dx} = 0$.

$$\frac{dB}{dx} = \frac{K}{2b}\left[\frac{x^3(b+x)^2 - \{(b+x) - a^2\} \cdot 3x^2}{x^6}\right]$$

$\frac{dB}{dx} = 0$ எனக் கொள்ளும்பொழுது,

$$2x(b+x) - 3[(b+x)^2 - a^2] = 0$$

$$x^2 + 4bx + 3(b^2 - a^2) = 0$$

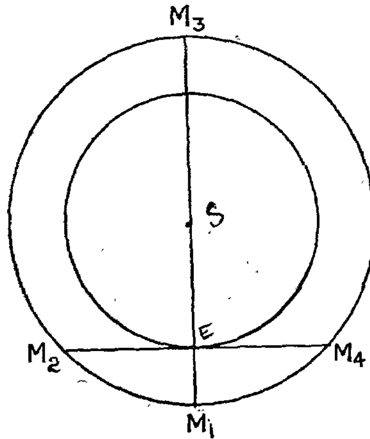
$$\therefore \quad x = -2b \pm \sqrt{b^2 + 3a^2}.$$

x-ன் குறை மதிப்புப் பொருந்தாது. எனவே,

$$x = -2b + \sqrt{b^2 + 3a^2}.$$

ஆகவே வெள்ளி பூமிக்கு $-2b+\sqrt{b^2+3a^2}$ தூரத்தி லிருக்கும்பொழுது மீப்பெரு பளபளப்போடு தென்படும். இது புதனுக்கும் பொருந்தும்.

225. புறக் கோளின் திசைவிலக்கம், பிறையளவு ஆகியவைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் (The changes in the elongation and phase of a superior planet)



படம் 164.

புறக்கோளைப் பற்றிய சில குறிப்புகளை நினைவிற்குக் கொண்டு வருவோம்.

1. புறக்கோளின் மீன் வழிச் சுற்றுக் காலம் பூமியின் மீன் வழிச் சுற்றுக் காலத்தை விட அதிகமாகும்.

2. புறக்கோளின் கோண வேகமும், திசை வேகமும், பூமியின் வேகங்களை விடக் குறைந்தவை.

படத்தில் S ஞாயிற்றின் நிலை. உள் வட்டம் பூமிப் பாதை. வெளி வட்டம் புறக்கோள் (செவ்வாய் எனக் கொள்வோம்). செவ்வாயின் பாதை. பூமி ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்கிக் கொண்டிருக்கையில் ஒரு தருணத்தில் ஞாயிறு, பூமி, செவ்வாய் ஆகிய மூன்றும் ஒரு நேர் கோட்டில் அமையும். அந்த நிலையில் செவ்வாயை M_1 எனக் குறிப்பிடுவோம். இந்த நிலையில் புறக்

கோளின் திசை விலக்கம் $S\hat{E}M_1$ ஆகும். அதாவது $180°$ ஆகும். எனவே புறக் கோள் எதிர்த்திசை நிலையில் உள்ளது. அத் தருணத்தில் செவ்வாயின் பிறையளவு,

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{M}_1 E)$$

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos 0) = 1.$$

செவ்வாயின் பிறையளவு ஒன்றுகும். ஞாயிறு மறையும் பொழுது முழுச் செவ்வாய் தோன்றும். இரவு முழுவதும் நமக்குக் கட்புலனுகும். ஞாயிறு தோன்றும்பொழுது செவ்வாய் மறையும்.

படத்தில் SE-ன் வேகம் SM-ன் வேகத்தைவிட அதிகம். SE ஐ நிலையாக நிறுத்தி SM ஐச் சார்கோண வேகத்தில் சுற்றச் செய்தால், அது வலஞ் சுழியாகச் சுற்றும். உள் வட்டத்திற்கு E-ல் தொடு கோடு வரைந்தால் அது வெளிவட்டத்தை M_2; M_4-ல் வெட்டட்டும். $M_1 E$ ஐ நீட்டினுல் அது வெளி வட்டத்தை M_3-ல் வெட்டட்டும்.

செவ்வாய் M_1-லிருந்து வலஞ் சுழியாக M_2 ஐ நோக்கிச் செல்லும்பொழுது, செவ்வாயின் திசை விலக்கம் $180°$-லிருந்து குறைகிறது. M_2 நிலையில்

$$\text{செவ்வாயின் திசை விலக்கம்} = S\hat{E}M_2 = 90°$$

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{M}_2 E)$$

$S\hat{M}_2 E$ ஒரு குறுங்கோணம். ஆகவே,

$$\text{பிறையளவு} > \frac{1}{2} \text{ ஆகும்.}$$

தொலை நோக்கியின்மூலம் பார்த்தால், M_2 நிலையில் செவ்வாய் குமிழ் (gibbous) போலத் தெரியும். இந்த நிலையில் கோள் ஞாயிற்றிலிருந்து $90°$ கோணத் தொலைவில் விலகித் தெரியும். இந்த நிலையைச் செங்குத்துநிலை அல்லது அரைப் பிறைநிலை (quadrative) எனக் குறிப்பிடுகின்ருேம். (கண்ணிற்கு அரைக்கு மேற்பட்ட பிறையளவு தெரியும்).

M_2 நிலையிலிருந்து புறக்கோள் செவ்வாய் மீண்டும் தன் பாதையில் நகர்ந்து M_3 நிலைக்கு வருகையில் அதன் திசை விலக்கம் $S\hat{E}M_3 = 0$ ஆகும்.

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos S\hat{M_3}E)$$

$$= \frac{1}{2}(1 + \cos 0) = 1$$

இந்த நிலையைச் சேய்மை ஒரு திசைநிலை எனக் குறிப்பிடுகிறோம் இந்த நிலையில் ஞாயிறும், செவ்வாயும் ஒரே திசையில் உள்ளதால், இரண்டும் ஒன்றுகவே தோன்றி ஒன்றுகவே மறையும். செவ்வாய் நமக்குத் தென்படாது.

M_3 நிலையிலிருந்து M_4-க்குச் செல்லுகையில் கோளின் திசை விலக்கம் அதிகரிக்கிறது. பிறையளவு குறைகிறது. M_4 என்ற நிலையில் கோளின் திசை விலக்கம் $= 90°$.

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1}{2}(1 + \cos E\hat{M_4}S) > \frac{1}{2}$$

(ஏனென்றுல் $E\hat{M_4}S$ ஒரு குறுங்கோணம்).

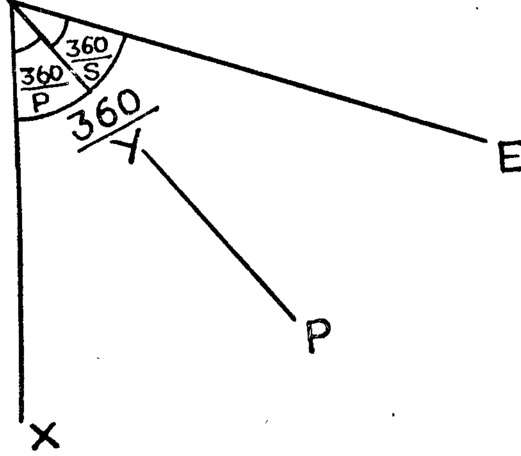
M-லிருந்து சுற்று முடியும்பொழுது M_1 நிலைக்கு மறுபடியும் வந்து சேரும்.

குறிப்பு: செவ்வாய்க்குக் கூறியவைகள் மற்ற எல்லாப் புறக் கோள்களுக்கும் பொருந்தும்.

226. புறக்கோளின் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக் காலம் (synodic period of a superior planet)

ஒரு புறக் கோளின் அடுத்தடுத்த இரு எதிர்த்திசை நிலைகளுக்கு அல்லது சேய்மை ஒரு திசை நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தை அந்தப் புறக் கோளின் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக் காலம் எனச் சொல்கிறோம்.

227. புறக்கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு (Relation between sidereal period and synodic period of a superior planet)



படம் 165.

படத்தில் X — ஒரு விண்மீன் ; P — புறக்கோள் ; E — பூமி ; S — ஞாயிறு.

ஒரு நாளில் பூமி விண்மீனைப் பொறுத்துச் செல்லும் கோண தூரம் $= \frac{360}{Y}$.

ஒரு நாளில் புறக்கோள் விண்மீனைப் பொறுத்துச் செல்லும் கோண தூரம் $= \frac{360}{P}$.

ஒரு நாளில் பூமி புறக்கோளைப் பொறுத்துச் செல்லும் கோண தூரம் $= \frac{360}{S}$.

படத்தில் கண்டபடி, $\frac{360}{Y} = \frac{360}{P} + \frac{360}{S}$.

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{P} + \frac{1}{S}.$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{P}.$$

குறிப்பு : ஒரு கோளுக்கு (உட்கோள் ஆயினும், புறக்கோள் ஆயினும் சரி)

$\frac{1}{S} = \frac{1}{Y} \sim \frac{1}{P}$ எனக் கொள்ளலாம்.

228. புறக்கோளைப் பற்றிய மற்றும் சில குறிப்புகள் (Some more points of note in the case of a superior planet)

1. புறக்கோளின் திசை விலக்கம் 0°-லிருந்து 180° வரை ஞாயிற்றின் இரு மருங்கிலும் மாறுகிறது.

2. புறக்கோள் ஒருபொழுதும் அண்மை ஒரு திசைநிலையில் இருக்க முடியாது.

3. புறக்கோளின் பிறையளவு அரைக்கு மேலாகவே இருக்கும். அதன் அரைப் பிறைநிலையில் (at quadratones) தன் மீச்சிறு பிறையளவைப் பெறும். அப்பொழுதும் குமிழ்நிலையில் தான் (at gibbous) இருக்கும்.

4. புறக்கோள் அரைப்பிறை நிலையில் இருக்கையில் கோளிலிருந்து பார்க்கும்பொழுது பூமியின் திசை விலக்கம் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்; கோளின் பிறையளவு மீச்சிறு மதிப்பைப் பெறும்.

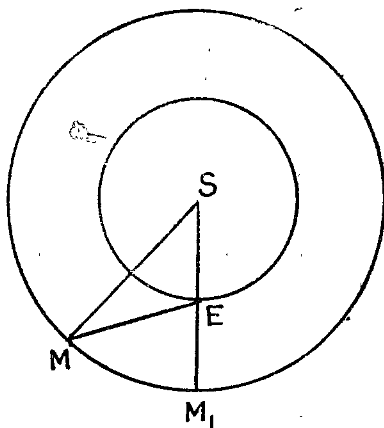
5. புறக்கோளிலிருந்து பார்க்கையில், பூமியின் இடப் பக்கமும், பிறையளவும், உட்கோளின் இயக்கமும், பிறையளவும் போலவே இருக்கும்.

6. உட்கோளிலிருந்து பார்க்கையில், பூமியின் இயக்கமும், பிறையளவும், புறக்கோளின் இயக்கமும், பிறையளவும் போலவே இருக்கும்.

7. உட்கோள் எதிர்த்திசை நிலையில் இருக்க முடியாது. புறக்கோள் அண்மை ஒரு திசைநிலையில் இருக்க முடியாது.

8. படம் 172-ல், $\hat{ESM_2} = \theta$ எனக் கொண்டால், $\cos\theta = \frac{SE}{SM_2}$. M_2 என்ற அரைப்பிறை நிலையிலிருந்து M_4 என்ற அரைப்பிறை நிலைக்குச் செல்ல $\left(\frac{\theta S}{180}\right)$ நாட்கள் ஆகும். M_2-லிருந்து M_4-க்குச் செல்ல $\left(S - \frac{\theta S}{180}\right)$ நாட்கள் ஆகும்.

229. ஞாயிற்றுக்கும், கோளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தைக் காணல் (To find the distance between the sun and a planet)



படம் 166.

முதலில் ஒரு புறக்கோளை எடுத்துக் கொள்வோம். M_1 புறக்கோளின் எதிர்த்திசைநிலை. S ஞாயிற்றின் நிலை. E பூமியின் நிலை. x நாட்கள் சென்றபின், M புறக்கோளின் நிலை. புறக்கோளின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம் S ஆக இருக்கட்டும். எனவே $\hat{ESM} = x \cdot \frac{360°}{S}$ ஆகும். $\hat{SEM}$ = புறக்கோளின் திசை விலக்கம் ஆகும். எனவே $\hat{EMS}$ ஐயும் கணக்கிடலாம்.

முக்கோணம் SEM-ல்,

$$\frac{SE}{\sin \hat{EMS}} = \frac{SM}{\sin \hat{SEM}}$$

$$\therefore \quad SM = SE \times \frac{\sin \widehat{SEM}}{\sin \widehat{SME}}$$

இதுபோலவே ஞாயிற்றுக்கும், புறக்கோளுக்கும் இடையே யுள்ள தூரத்தைக் காணலாம்.

230. கோள்களின் நேரியக்கம், பிற்போக்கு இயக்கம், திசை மாரு நிலைகள் (Direct motion, retrograde motion and stationary positions of planets)

(i) கோள்களின் நேரியக்கம் : ஒவ்வொரு கோளும், வான வெளியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக (இடஞ் சுழியாக) இயங்கு கின்றது. இந்த இயக்கத்தைக் கோள்களின் நேரியக்கம் (direct motion) என்கிறோம்.

(ii) பூமியும் வான வெளியில் இயங்கிக் கொண்டிருப்பதால் கோளின் பாதையில் சில பகுதிகளில் கோள் எதிர்த் திசையில் இயங்குவது போல் தோற்றமளிக்கும். அதாவது கிழக்கிலிருந்து மேற்காக (வலஞ் சுழியாக) இயங்குவது போல் தோற்றமளிக்கும். இத் தோற்ற வியக்கத்தைப் பிற்போக்கு இயக்கம் (retrograde motion) எனச் சொல்கிறோம்.

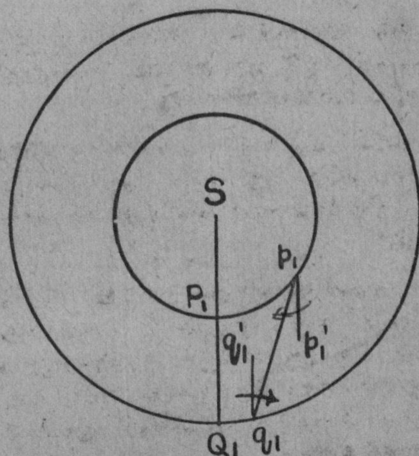
(iii) எல்லாக் கோள்களும், ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒரே நேரத்தில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. அவைகளின் பாதை களில் சில நிலைகளில் ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளைப் பார்க் கையில், அந்தக் கோள் நிலையாக இருப்பதாகத் தோன்றும். கோள்களின் இந்த நிலைகளைத் 'திசை மாரு நிலைகள்' (stationary motion) எனச் சொல்கிறோம். இந்தத் திசைமாரு நிலையில்தான் கோள்கள் நேரியக்கத்திலிருந்து, பிற்போக்கு இயக்கத்திற்கும் பிற்போக்கு இயக்கத்திலிருந்து நேரியக்கத்திற்கும் மாறும்.

விளக்கங்கள்

(a) **பிற்போக்கியக்கம்**

படத்தில் S ஞாயிற்று நிலையைக் குறிக்கட்டும். உள் வட்டமும் வெளி வட்டமும் முறையே P, Q என்ற இரு கோள்கள், ஞாயிற்றைச் சுற்றி வரும் பாதைகளைக் குறிக்கட்டும். P என்ற கோள், Q என்ற கோளைவிட ஞாயிற்றுக்கு அண்மையிலுள்ளது. ஆகவே, P-ன் கோண வேகமும், திசை வேகமும், Q-ன் வேகங்களைவிட அதிகம். யாதாமொரு தருணத்தில் P என்ற

கோள் Q ஐயும் ஞாயிற்றையும் சேர்க்கும் நேர் கோட்டில் வருவதானால், அத் தருணத்தில் P, Q-ன் நிலைகளை முறையே P, Q என்று குறிப்பிடுவோம். S, P_1, Q_1 ஒரே நேர் கோட்டில் அமையும்.

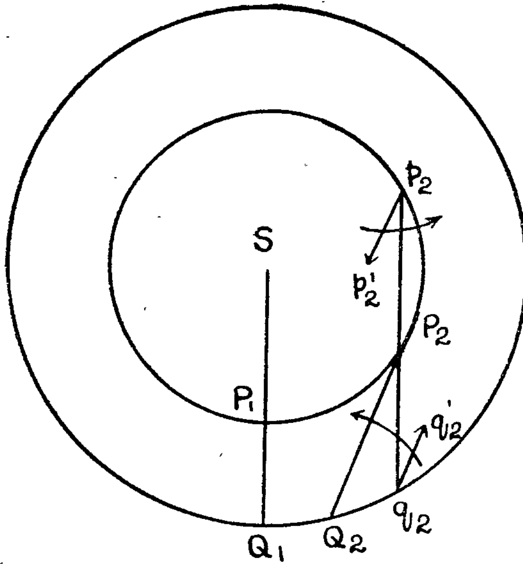


படம் 167.

கோள்கள் ஞாயிற்றை இடஞ் சுழியாகச் சுற்றி வருகின்றன எனக் கண்டோம். P_1, Q_1 என்ற நிலையை அடைந்த அடுத்த நாளில், அவைகளின் நிலைகள் முறையே p_1, q_1 ஆகட்டும். P-ன் வேகங்கள் Q-ன் வேகங்களைவிட அதிகமாகையால் வில் $P_1 p_1$, வில் $Q_1 q_1$ ஐ விட நீண்டதாக அமையும். q_1 வழியாக $P_1 Q_1$-க்கு இணையாக $q_1 q_1'$ என்ற கோடு வரைவோம். அதேபோல p_1-லிருந்து $P_1 Q_1$-க்கு இணையாக $p_1 p_1'$ என்ற கோடு வரைவோம்.

ஒரு நாள் இடைவெளியில் கோள் Q-லிருந்து பார்க்கையில் P-ன் திசை வலஞ் சுழியாகச் சுற்றியிருக்கின்றது. (p_1-க்கருகில் அம்புக் குறியால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.) அதேபோல P-லிருந்து பார்க்கையில் Q-ன் திசை ஒரு நாளில் வலஞ் சுழியாகச் சுற்றியிருக்கின்றது. (இதுவும் q_1-க்கருகில் அம்புக் குறியால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.) ஆகவே P-லிருந்து Q ஐப் பார்க்கையில் அல்லது Q-லிருந்து P ஐப் பார்க்கையில் கோள் வலஞ் சுழியாகச் சுற்றுவதைக் காணலாம். இவ்வியக்கத்தைப் பிற்போக்கியக்கம் (retrograde motion or clock wise motion) எனச் சொல்கிறோம்.

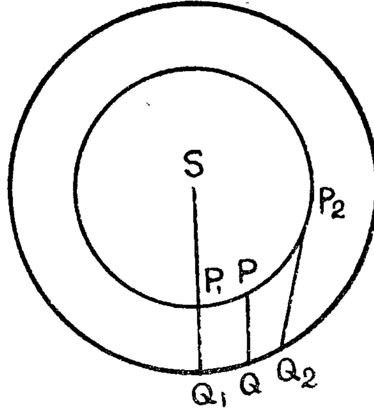
(b) நேரியக்கம்



படம் 168.

ஏதாவது ஒரு தருணத்தில், PQ என்ற இரு கோள்களையும் சேர்க்கும் நேர்கோடு உள்வட்டத்திற்குத் தொடுவரையாக அமையக்கூடிய நிலை வரும். அத் தருணத்தில் கோள்களின் நிலையை P_2, Q_2 எனக் குறிப்பிடுவோம். அதற்கடுத்த நாள் நிலைகளை p_2, q_2 என்ற புள்ளிகளால் குறிப்பிடுவோம். கோள் P-ன் கோணவேகம், திசைவேகம், கோள் Q-ன் கோணவேகம், திசை வேகத்தைவிட அதிகமாகையால் வில் P_2p_2-ன் நீளம், வில் Q_2q_2-ன் நீளத்தைவிட அதிகமாகும். Q_2P_2-க்கு இணையாக q_2-லிருந்து q_2q_2' என்ற கோடும். p_2-லிருந்து P_2Q_2-க்கு இணையாக p_2p_2' என்ற கோடும் வரைவோம். இந்த நிலைகளில் கோள் Q-லிருந்து பார்க்கையில் கோள் P இடஞ்சுழியாகச் சுற்றுகிறது எனவும், அதேபோலக் கோள் P-லிருந்து பார்க்கையில் கோள் Q இடஞ்சுழியாகச் சுற்றுகிறது எனவும் அறியலாம். கோள் Q-ல் இருப்பவர்களுக்கு கோள் P விண்மீன்கள் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் செல்வதாகவும், கோள் P-ல் இருப்பவர்களுக்கு கோள் Q விண்மீன்கள் பின்னணியில் மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் செல்வதாகவும் தென்படும். இவ் வியக்கத்தைக் கோள்களின் நேரியக்கம் (Direct motion or anticlockwise motion) எனச் சொல்கிறோம்.

(c) திசைமாரு நிலைகள்



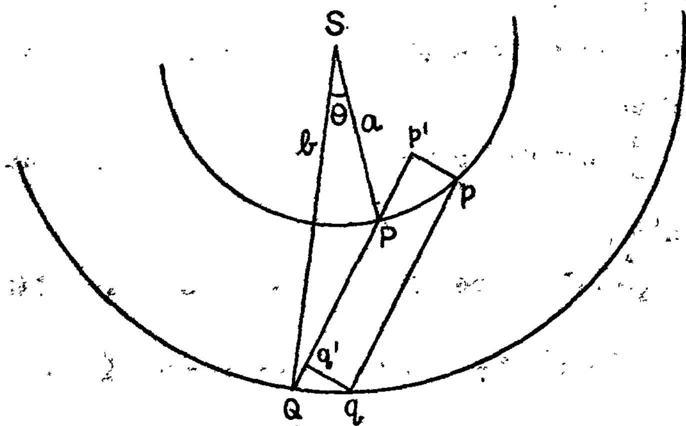
படம் 169.

கோள்கள் P_1, Q_1 என்ற நிலைகளில் பிற்போக்கு இயக்கத்தில் இயங்குகின்றன. P_2, Q_2 என்ற நிலைகளில் நேரியக்கத்தில்இயங்கு கின்றன. இவ்விரு இயக்கங்களுக்கு நடுவில் பிற்போக்கியக்கம் முடிந்து நேரியக்கம் துவங்கி இருக்கவேண்டும். அத் திசை மாற்றம் ஏற்படும் தருணத்தில் சிறிது நேரம் P, Q என்ற இரண்டு கோள்களும் ஒன்றுக்கொன்று தத்தம் திசை மாருமல் இணையாக நகர்ந்திருக்கவேண்டும். இத் தருணத்தில் அவ்விரு கோள்களும், திசைமாரு நிலைகளில் உள்ளன (stationary positions) எனச் சொல்கிறோம்.

231. இரு கோள்கள் ஒன்றுக்கொன்று திசைமாரு நிலைகளில் இருக்கையில் ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளின் திசை விலக்கத்தைக் காணல் (To find the elongation of one planet from the other when both appear to be stationary)

படத்தில் P, Q என்ற இரு கோள்கள் திசைமாரு நிலைகளில் உள்ளன எனக் கொள்வோம். இந்நிலை தொடர்ந்து மிகச் சிறிய நேரத்திற்கு நீடிக்கும். இச்சிறு நேரத்தை 't' எனக் கொள்வோம். இச்சிறு நேரத்திற்குப் பிறகு அவைகளின் நிலைகளை p, q எனக் கொள்வோம். முதற்கோள் P-லிருந்து p வரும் வரையும், அதே தருணத்தில் இரண்டாம் கோள் Q-லிருந்து q வரும் வரையும் இரு கோள்களும் ஒன்றுக்கொன்று திசைமாருமல் நகர்ந்திருக்கின்றன.

ஆகவே $PQ \parallel pq$ ஆகும். p-லிருந்து pp' என்ற செங்குத்துக் கோடு PQ-க்கு வரையவும். q-லிருந்து qq' என்ற செங்குத்துக் கோடு PQ-க்கு வரையவும். $SP = a$; $SQ = b$ எனவும், கோணம் $PSQ = \theta$ எனவும் கொள்க. P, Q-ன் திசை வேகங்கள் u, v எனக் கொள்க.



படம் 170.

வில் $Pp = ut$.

வில் $Qq = vt$.

மேலும், $pp' = qq'$.

't' மிகச் சிறியதாகையால் Pp, Qq ஆகியவைகளை நேர் கோடுகள் எனக் கொள்வோம்.

$$pp' = Pp \sin (P - 90°)$$
$$= - Pp \cos P.$$

$$qq' = Qq \sin (90° - Q)$$
$$= Qq \cos Q.$$

மேலும், $Pp = u \cdot t$; $Qq = v t$;

$$\therefore \quad - u\ t \cos P = v\ t \cos Q.$$

ஆனல், $\dfrac{u}{v} = \dfrac{b^{\frac{1}{2}}}{a^{\frac{1}{2}}}$

ஆகவே, $b^{\frac{1}{2}} \cos P = - a^{\frac{1}{2}} \cos Q$ ... ... (1)

SPQ என்ற முக்கோணத்தில்,

$$\frac{a}{\sin Q} = \frac{b}{\sin P}$$

(அ - து) $a \sin P = b \sin Q$ ... ... (2)

(1)-லிருந்து,

$$\frac{b}{a} \cos^2 P = \cos^2 Q \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

(2)-லிருந்து,

$$\frac{a^2}{b^2} \sin^2 P = \sin^2 Q \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

(3) + (4), $\frac{b}{a} \cos^2 P + \frac{a^2}{b^2} \sin^2 P = \cos^2 Q + \sin^2 Q = 1.$

(அ - து) $\frac{b}{a}(1 - \sin^2 P) + \frac{a^2}{b^2} \sin^2 P = 1.$

(அ - து) $\sin^2 P \left(\frac{a^2}{b^2} - \frac{b}{a} \right) = 1 - \frac{b}{a}.$

(அ - து) $\sin^2 P \left(\frac{a^3 - b^3}{ab^2} \right) = \frac{a - b}{a}.$

(அ - து) $(a^3 - b^3) \sin^2 P = b^2 \, (a - b)$

$$\sin^2 P = \frac{b^2 \, (a - b)}{a^3 - b^3}$$

$$= \frac{b^2}{a^2 + ab + b^2}$$

எனவே $\sin P = \frac{b^2}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}}$ ... ... (5)

$$\cos^2 P = 1 - \frac{b^2}{(a^2 + ab + b^2)}$$

$$\cos P = \frac{(a^2 + ab)^{\frac{1}{2}}}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}}$$

P விரிகோணமாகையால், $\cos P =$ குறை மதிப்பு.

$$\therefore \quad \cos P = -\frac{(a^2 + ab)^{\frac{1}{2}}}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

(2)-லிருந்து,

$$\sin Q = \frac{a}{b} \sin P.$$

$$= \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\therefore \quad \sin Q = \frac{a}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

$$\cos^2 Q = 1 - \frac{a^2}{a^2 + ab + b^2}$$

$$\therefore \quad \cos Q = \frac{(ab + b^2)^{\frac{1}{2}}}{(a^2 + ab + b^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

θ என்ற கோணம், ஞாயிற்றிலிருந்து பார்க்கையில் இரண்டு கோள்களின் திசைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணமாகும்.

$$\therefore \quad \cos \theta = \cos (180^\circ - \overline{P + Q}).$$

$$= -\cos (P + Q)$$

$$= -(\cos P \cos Q - \sin P \sin Q).$$

$$= \sin P \sin Q - \cos P \cos Q.$$

$$= \frac{ab}{a^2 + ab + b^2} + \frac{(a^2 + ab)^{\frac{1}{2}} (b^2 + ab)^{\frac{1}{2}}}{a^2 + ab + b^2}$$

$$= \frac{ab + \sqrt{ab}(a + b)}{a^2 + ab + b^2}$$

$$= \frac{\sqrt{ab}(a + b + \sqrt{ab})}{(a + b + \sqrt{ab})(a + b - \sqrt{ab})}$$

$$= \frac{\sqrt{ab}}{a - \sqrt{ab} + b} \cdot \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

232. கோள்களின் இயக்கங்களைப் பற்றிய பல குறிப்புகள்

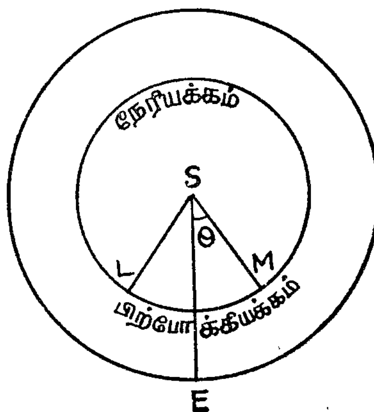
1. இரு கோள்களின் தோற்ற வியக்கங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றைப் பார்க்கையில் ஒரு தருணத்தில் ஒரே வகையைச் சேர்ந்தவையாகும். அதாவது இரு கோள்களும் நேரியக்கம் அல்லது பிற்போக்கியக்கம் பெற்றிருக்கும்; அல்லது இரு கோள்களும் திசை மாரு நிலையில் இருக்கும்.

2. இரு கோள்கள் அண்மையில் இருக்கையில், அவைகளின் இயக்கம் ஒன்றிலிருந்து, மற்றொன்றைப் பார்க்கையில் பிற்போக்கியக்கமாகும்.

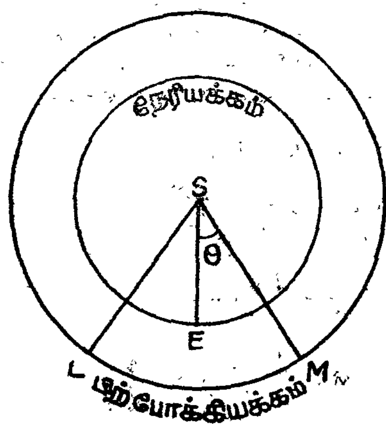
3. அண்மை ஒரு திசை நிலையில் உட்கோளின் இயக்கம் பிற்போக்கியக்கமாகும். மீப்பெரு திசைவிலக்கம் பெறுகையில் அதன் இயக்கம் நேரியக்கமாகும்.

4. புறக்கோள் எதிர்த் திசை நிலையில் இருக்கையில் அதன் இயக்கம் பிற்போக்கியக்கமாகும். அரைப் பிறை நிலையில் இருக்கையில் அதன் இயக்கம் நேரியக்கமாகும்.

5. புறக்கோளின் இயக்கம், எதிர்த் திசை நிலைக்கடுத்த அரைப் பிறை நிலையிலிருந்து மறு அரைப் பிறை நிலைக்கு வரும் வரை, நேரியக்கமாகும். ஆகவே புறக் கோளின் இயக்கத்தில் நேரியக்கத்தின் கால அளவு, பிற்போக்கியக்கத்தின் கால அளவை விட அதிகமாகும் (Direct motion perpenderotis over retragrade motion in the case of a superior planet).



படம் 171.



படம் 172.

எடுத்துக்காட்டான வினாக்கள்

1. ஞாயிற்றிலிருந்து வியாழனின் சராசரித் தூரம், பூமியின் தூரத்தைப்போல் 5·2 மடங்குகள் இருப்பதால், இரண்டு அடுத்தடுத்த ஒரு திசை நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

வியாழனின் மீன்வழிச் சுற்றுக்காலம் P என இருக்கட்டும். Y ஓராண்டு காலமாகட்டும்.

$$\frac{P^2}{Y^2} = \frac{(5\cdot2)^3}{1^3} \text{ (கெப்ளரின் 3-ம் விதி).}$$

$$P = 11\cdot85\ Y.$$

S, வியாழனின் ஞாயிற்றுச் சுற்றுக் காலமாகட்டும்.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{P}.$$

$$= \frac{1}{Y} - \frac{1}{11\cdot85\,Y}$$

$$S = \frac{11\cdot85\,Y}{10\cdot85}$$

$$= \frac{1185}{1085} \times 365$$

$$= 398 \text{ நாட்கள் (தோராயமாக).}$$

2. சனிக்கோளின் ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக் காலம் 376 நாட்கள் எனவும், ஞாயிற்றிலிருந்து சனியின் சராசரி தூரம், பூமியின் சராசரி தூரத்தைப்போல 9 மடங்குகள் எனவும் கொண்டு பிற்போக்கியக்கத்தின் கால அளவைக் கண்டுபிடி. (செ. ப.)

$S = 376$; $a = 1$; $b = 9$.

பிற்போக்கியக்கக் காலம் $= \frac{\theta S}{\pi}$.

இங்கு $\cos\theta = \frac{\sqrt{ab}}{a - \sqrt{ab} + b}$

$$= \frac{3}{1 - 3 + 9} = \frac{3}{7}.$$

$$\theta = 65^\circ.$$

$$= 65^\circ \times \frac{\pi^c}{180} = \frac{13\pi^c}{36}$$

$\therefore$ பிற்போக்கியக்கக் காலம் $= \frac{13\pi}{36} \times \frac{376}{\pi}$

$$= \frac{1222}{9}$$

$= 136$ நாட்கள் (தோராயமாக)

3. ஞாயிற்றிலிருந்து ஒரு புறக் கோளின் தூரம் n^2 வானியல் அலகுகள். அதன் பிற்போக்கியக்கம்

$$\frac{n^3}{\pi(n^3 - 1)} \cos^{-1}\left[\frac{n}{n^2 - n + 1}\right] \times 365{\cdot}25$$

நாட்கள் நீடிக்குமெனக் காட்டுக. (செ. ப.)

இங்கு $\frac{b}{a} = n^2$.

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{ab}}{a - \sqrt{ab} + b} = \frac{n}{n^2 - n + 1}$$

கொடுக்கப்பட்டுள்ள கோள் ஒரு புறக் கோளாகையால்,

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{P}.$$

மேலும், $\frac{P^2}{Y^2} = \frac{n^6}{1}$ (கெப்ளரின் 3-ம் விதிப்படி)

$$S = \frac{PY}{P - Y} = \frac{Y^2 n^3}{n^3 Y - 1} = \frac{Yn^3}{n^3 - 1}.$$

பிற்போக்கியக்கக் காலம் $= \frac{\theta S}{\pi}$

$$= \frac{n^3}{\pi (n^3 - 1)} \cos^{-1}\left(\frac{n}{n^2 - n + 1}\right) Y$$

$$= \frac{n^3}{\pi (n^3 - 1)} \cos^{-1}\left(\frac{n}{n^2 - n + 1}\right) 365{\cdot}25$$

நாட்கள்.

பயிற்சி 22

1. விண்மீன்கள் பின்னணியில் வெள்ளியின் ஒரு ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்தில் ஏற்படும் தோற்ற வியக்கத்தைப் பற்றி எழுதவும். (செ. ப.)

2. விண்மீன்கள் பின்னணியில் வியாழனின் ஒரு ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்குள் ஏற்படும் தோற்ற வியக்கத்தை அதன் எதிர்நிலையிலிருந்து தொடங்கி விரிவாக எழுதவும். (செ. ப.)

3. இரு கோள்கள் ஒரே தளத்தில் பொதுமைய வட்டப் பாதைகளில் இயங்குவதாகக் கொண்டு ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றைப் பார்க்கையில் அவைகளின் இயக்கங்களைப் பற்றி விளக்குக. அவைகள் திசை மாறுநிலையில் இருக்கையில் அந்நிலைகளில் ஏற்படும் கோண அளவுகளைக் கண்டுபிடி. அவைகளின் நேரியக்க, பிற்போக்கியக்கக் கால அளவுகளைக் கண்டுபிடித்து, நேரியக்கக் காலம், பிற்போக்கியக்கக் காலத்தைவிட அதிகம் என நிறுவுக. (செ. ப.)

4. செவ்வாயின் தோற்ற வியக்கம் நமக்கு அண்மையிலிருக்கும்பொழுது பிற்போக்காகவும், தூரத்திலிருக்கையில், நேரியக்கமாகவும் இருக்கும் என நிறுவுக. (செ. ப.)

5. கீழ்க்கண்டவைகள் குறிப்பிட்ட நிலைகளில் இருக்கும்போது அவைகளின் இயக்கங்கள் நேரியக்கமா அல்லது பிற்போக்கியக்கமா எனக் காண்க.

(1) அரைப் பிறை நிலையில் வியாழன்.

(2) எதிர்த்திசை நிலையில் செவ்வாய்.

(3) சேய்மை ஒருதிசை நிலையில் புதன்.

(4) மீப்பெரு திசைவிலக்க நிலையில் வெள்ளி. (செ. ப.)

6. பூமியும் செவ்வாயும் விண்மீன்கள் பின்னணியில் ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரும் சுற்றுக் காலங்கள் முறையே 365·25, 687 நாட்களாகும். செவ்வாயின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

7. ஞாயிற்றிலிருந்து சனிக்கோளின் தூரம் 9·54 வானியல் அலகுகள் விண்மீன்கள் பின்னணியில் அதன் சுற்றுக்காலம் என்ன? ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக்காலம் ஏறக்குறைய 378 நாட்களாகில், அக்கோளின் எதிர்த்திசை நிலைக்கும், அரைப் பிறை நிலைக்கும் உள்ள இடைவெளிப் பொழுதைக் காண்க. (செ. ப.)

8. ஒரு சிறு கோளின் சுற்றுக்காலம் விண்மீன் பின்னணியில் 3·5 ஆண்டுகளாயின், ஞாயிற்றிலிருந்து அக்கோளின் தூரம் 2·3 வானியல் அலகுகள் எனக் காண்க. (செ. ப.)

9. புதனின் சுற்றுக்காலம் விண்மீன்கள் பின்னணியில் 88 நாட்கள். அக்கோள் அடுத்தடுத்து அண்மை நிலையில் இருக்கும் தருணங்களுக்கு இடைப்பட்ட காலம் எவ்வளவு?

10. ஒரு சிறு கோளின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம் x நாட்கள் ஆனால். (i) விண்மீன் பின்னணியில் அதன் சுற்றுக் காலம் எவ்வளவு? (ii) ஞாயிற்றிலிருந்து அதனுடைய தூரம் (வானியல் அலகுகள்) எவ்வளவு? (செ. ப.)

11. P, Q என்ற இரு கோள்களின் வட்டப்பாதை ஆரங்கள் முறையே a, b. P-லிருந்து Q-ன் பிறையளவு E. Q-லிருந்து P-ன் பிறையளவு V. அப்பொழுது $b^2 V(1-V) = a^2 E(1-E)$ என நிறுவுக. (செ. ப)

12. P, Q, S முறையே இரு கோள்களையும், ஞாயிற்றையும் குறிக்கின்றன. அவ்விரு கோள்களும் திசைமாறு நிலைகளில் இருக்கும்பொழுது $P\hat{S}Q = 60°$ ஆனால், $a^2 + b^2 = 7ab$ என நிறுவுக. (a, b என்பவை வட்ட இயங்கு பாதைகளின் ஆரங்கள்)

13. ஞாயிற்றிலிருந்து நெப்டியூனின் தூரம் 30 வானியல் அலகுகள். இக்கோளின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம் 368 நாட்களெனின் எத்தனை நாட்களுக்கு இக்கோளின் பிற்போக்கியக்கம் நீடிக்கும்? (அ. ப.)

14. விண்மீன்கள் பின்னணியில் பூமியும், வெள்ளியும் ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரும் காலங்கள் முறையே 365·25, 224·7 நாட்கள். வெள்ளியின் அடுத்தடுத்த சேய்மை ஒரு திசை நிலைகளுக்கிடைப்பட்ட காலப்பொழுது எவ்வளவு? (செ. ப.)

15. வட்டப் பாதையில் இயங்கும் இரு கோள்களின் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம் P, Q எனக் கொள்க. அவை திசைமாறு நிலையிலிருக்கும்பொழுது, அவைகளின் திசை விலக்கம் முறையே ϕ-ம், θ-ம் ஆகில், $P \tan \phi + Q \tan \theta = 0$ என நிறுவுக. (செ. ப.)

17. ஞாயிற்றுக் குடும்பம்

(The solar system)

243. ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் பிறப்பைப் பற்றிப் பல கருத்துகள் தோன்றி மறைந்தன. முதன் முதலில் காண்ட் (Kant) என்ற மேதை 1755-ம் ஆண்டில் தம் கருத்தை வெளியிட்டார். தற்போது ஞாயிற்றுக் குடும்பம் நிலவுகிற இடத்தில் ஒண்முகில் படலம் (Nebula) இருந்ததாகவும், கோள்கள் இந்தப் படலத்தி லிருந்துதான் தோன்றியவை எனவும் கருத்து வெளியிட்டார். இதைத் தொடர்ந்து இலாப்லேசு (Laplace) இக் கருத்தைச் சீர் படுத்தினர். அவரது கணித அறிவினால், அவர் கருத்து வளம் பெற்று சிலகாலம் வளமுடன் விளங்கியது. ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒண்முகில் படலம் இருந்ததாகவும், அது மிகவும் வெப்பமான நிலையிலிருந்ததாகவும், மெதுவாக ஞாயிற்றைச் சுற்றி வந்த தாகவும், அவர் எடுத்துரைத்தார். நாளடைவில் வெப்பம் தணிந்து, குறுகி அதிக வேகத்தில் அது ஞாயிற்றைச் சுற்ற ஆரம் பித்தது. மிகையான வேகத்துடன் சுற்றியதால் துருவங்களில் சிறுத்தும், நடுவரைகளில் பெருத்தும் இருந்தது என்றார் இலாப் லேசு. சுற்றும் அப் படலம் தன் நடுவரையில் மைய விட்டோடும் விசைக்குச் சமமாக ஈர்ப்பு ஆற்றல் வந்தபோது நடுவரையில் வலயமாக ஆவிப் படலத்தை வெளிவிட்டது. மற்றப் பகுதி சுருங்கத் தொடங்கியது. வெளித் தள்ளப்பட்ட ஒவ்வொரு வலயமும் சுருங்கி ஒவ்வொரு கோளாக மாறி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வலம் வருகிறது என்றார்.

சிறிது காலத்திற்குப் பின்னர் அறிவியல் அறிவு வளர்ச்சியின் காரணமாக, சேபரிசு என்ற வான நூலாசிரியர், சுற்றும் படலம் வெளிவிட்ட வலய வடிவமான ஆவிப்படலம் வெவ்வேறு வானப் பொருள்களாகச் சுருங்கலாமே ஒழிய ஒரே கோளாகச் சுருங்க முடியாது எனக் கூறினர். துணைக்கோள்களின் இருப்பிடம் சிறு கோள்களின் பாதைகள் ஆகியவையெல்லாம் இவர் கருத்தை விளக் கின. எனவே இலாப்லேசுவின் கோட்பாடு கைவிடப்பட்டது.

பிறகு சாம்ர்லின், மோல்டன் என்ற வான்இயல் விஞ்ஞானிகள் ஒரு சிறந்த கருத்தை வெளியிட்டார்கள். வானவெளியில் நகரும் ஒரு விண்மீன் பழைய ஞாயிற்றுடன் மோதி ஞாயிற்றிலிருந்து சிதைபட்ட பகுதிகள் தணிந்து காலப் போக்கில் கோள்களாக மாறின என்ருர். சர் சேம்சு சீன்சு என்ற வானியல் விஞ்ஞானி ஒரு விண்மீன் ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு விசை நிலவும் தொலேவுக்குள் வந்ததாகவும் ஞாயிற்றின் புறப்பரப்பில் விண்மீன் அலேகளே ஏற்படுத்தியதாகவும் விண்மீன் நெருங்க, நெருங்க அலேகள் மலேபோல எழுந்து, கடைசியில் விண்மீனின் ஈர்ப்பு விசையால் சிதறுண்டு, காலப் போக்கில், சிறு, பெரு கோள்களாக மாறி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வலம் வருகின்றன என்றும் கூறினுர். ஞாயிற்றுக் குடும்பப் பிறப்பு பற்றித் தோன்றிய கருத்துகளி லெல்லாம் இந்த 'அலேக் கொள்கை' சிறந்த கருத்தாகும்.

அண்மையில் ஞாயிற்றைப் போன்ற வேறு விண்மீன்கள் தங்கள் தங்கள் குடும்பத்துடன் இருப்பதாகக் கண்டுள்ளார்கள். ஆனுல் சர் சேம்சு சீன்சு தம் கோட்பாட்டை இந்தக் கண்டுபிடிப்பு எதிர்ப்பதில்லே என்றும் அவ் விண்மீன்களுக்கும் ஞாயிற்றுக்கு ஏற்பட்டது போன்ற ஒரு நிலேமை வந்திருக்கலாமென்றும் தெளி வுறக் கூறியுள்ளார். ஆகவே தற்போது ஞாயிற்றுக் குடும்பப் பிறப்பைப் பற்றிய கருத்துகளில் 'அலேக் கொள்கை' சிறந்ததாக விளங்குகிறது.

244. ஞாயிறு (The Sun)

ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் மையத்தில் ஞாயிறு அமைகிறது. கெப்ளரின் விதிகளின்படி எல்லாக் கோள்களும் ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்குகின்றன. அதன் விட்டம் 8,64,000 மைல்கள்; பூமியி லிருந்து சராசரியாக 9·3 கோடி மைல்கள் தொலேவிலுள்ளது அது பூமியைவிட ஒரு இலட்சம் மடங்கு பெரியதாகும். அதன் திணிவு பூமியின் திணிவைவிட 3,30,000 மடங்கு அதிகமாகும். ஞாயிற்றின் சராசரி அடர்த்தி தண்ணீரின் அடர்த்தியைப்போல் 1·4 மடங்குள்ளது. ஆனுல் பூமியோ 5·5 மடங்கு அடர்த்தி பெற் றுள்ளது. ஞாயிற்றிலிருந்து புறப்பட்டு வரும் ஒளிக் கதிர் மணிக்கு 1,86,000 மைல்கள் வீதம் வந்து பூமியைச் சேர 85 நிமிடங்கள் எடுத்துக் கொள்கிறது. ஞாயிறு தன்னேத் தானே சுழல்கிறது. ஆனுல் சீராகச் சுழல்வதில்லே. வெவ்வேருன அகலாங்கில் சுழற்சிக் காலங்கள் வெவ்வேருக உள்ளன. சுழற்சிக் காலங்கள் நடுவரைக் கருகில் 25 நாட்களாகவும், 30° அகலாங்கில் 28 நாட்களாகவும் துருவ மண்டலத்தில் 36 நாட்களாகவும் உள்ளன. ஞாயிற்றின்

புவி மையத் தோற்றப் பிழை 8"·8 அதன் சராசரி கோண ஆரம் 16'.

ஞாயிற்றின் ஒளிக் கதிர் மிகவும் ஒளியுள்ளது. ஞாயிற்றின் புறப் பரப்பில் 200 மைல்கள் அகலத்திற்கு மிகச் சூடான ஆவிப் படலம் உள்ளது. இதன் சராசரி வெப்ப நிலை 4000°C முதல் 5700°C வரை ஆகும். இதை ஒளிப் புரை (photo sphere) என்று குறிக்கிறோம். இங்கிருந்துதான் ஒளிக் கதிர்கள் புறப்படுகின்றன. இதற்கடியில் உள்ள ஆவி மண்டலம் ஞாயிற்றுள் உள்ள உள்ளொளியை வெளிவிடாமல் தடுக்கிறது. ஞாயிற்றின் உள் வெப்பம் 1,50 000°C முதல் 1,60 00 000°C வரையிலுள்ளது. இந்த ஒளிப்புரையைச் சுற்றி மேற்புறத்தில் மற்றொரு வெப்பமான ஆவி மண்டலம் உள்ளது. இதைச் செந்நிறப் புரை (chromosphere) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். செந்நிறப் புரையில் சீரிய செந்நிறமான ஆவியடங்கியுள்ளது. செந்நிறப் புரையின் வெப்பம் 4,000°C முதல் 5 00,000°C வரையில் இருக்கும். செந்நிறப் புரையைச் சுற்றி வெளிப்புறத்தில் ஒரு வெண்மையான மண்டலம் உள்ளது. இதை ஒளிர் மகுடம் (corona) எனக் குறிக்கிறோம். ஞாயிறு முழு மறைப்பின் பொழுது தொலை நோக்கி வழியாக ஒளிர் மகுடத்தைப் பார்க்கலாம்.

245. ஞாயிற்றுக் கறைகள் (Sun spots)

ஒரு கறுப்புக் கண்ணாடி வழியாக ஞாயிற்றைப் பார்த்தால் கரும் புள்ளிகள் போன்றவை தெரியும். இவைகளை ஞாயிற்றுக் கறைகள் எனச் சொல்கிறோம். எந்த ஒரு கறையை எடுத்துக் கொண்டாலும் அதற்கு உட்பகுதி (umbra), புறப்பகுதி (penumbra) என்ற பகுதிகள் உள்ளன. ஞாயிற்றுள்ளிருந்து மேல் எழும் ஆவி தான் விரிவதால் வெப்பம் தணிந்து, ஒரு கறை போல் அமைந்து விடுகிறது. அக் கறைகள் வெவ்வேறு அளவுகளைப் பெற்றவை. மிகச் சிறிய கறைகள் 500 மைல்கள் அகலமுடையவை. மிகப் பெரிய கறைகள் 50,000 மைல்கள் அகலமுள்ளவை. அவை எளிதில் பல கோள்களை உட்கொள்ளும் அளவு பெரியவை. அவை வெற்றுக் கண்ணுக்கே தெரியும்.

ஞாயிறு தன்னைத் தானே சுற்றுவதால் இக் கறைகளும் உடன் சுழன்று, இடமாற்றம் அடைகின்றன. 15 நாட்களுக்கொரு முறை சில கறைகள் தோன்றி மறைகின்றன. சில கறைகள் ஆறு மாத கால வட்டத்தில் தோன்றி மறைகின்றன. சில கறைகள் ஓரிரண்டு நாட்கள் தோன்றி மறைகின்றன. சில கறைகள்

ஞாயிற்றின் புறப் பரப்பில் ஓரே திசையில் நகர்கின்றன இதனால் ஞாயிறு தன்னைத் தானே சுழல்கிறது என நம்மால் ஊகிக்க முடிகிறது. கறைகளின் சராசரி வெப்பநிலை 4200°C ஆகும்.



படம் 173.

பல வானாய்வு நிலையங்கள் நாள்தோறும் இக்கறைகளைப் புகைப்படம் எடுத்து அவைகளின் இயக்கங்களை ஆராய்கின்றன. அதன் பயனாக ஞாயிற்றின் நடுவரைக்கு இரு மருங்கிலும் 35°

அகலமுள்ள இரு பட்டயங்களில் இக்கறைகள் தோன்றி மறைகின்றன எனக் கண்டுள்ளார்கள். பல ஆண்டுகள் ஆராய்ச்சி செய்ததன் பயனாக இக்கறைகளின் தோற்றமும் மறைவும், ஒரு கால வட்டத்தில் அமையுமென்பதைக் கண்டுள்ளார்கள்.

அந்தக் காலவட்டம் ஏறக்குறைய 11 ஆண்டுகள் எனக் கண்டுள்ளார்கள். 11 ஆண்டுகளுக்கொரு முறை இக்கறைகளின் எண்ணிக்கையும் தோற்றமும் இபக்கமும் தம் உச்சநிலையை அடைந்து பின்னர் குறைகின்றன என அறிந்துள்ளார்கள். கறைகளினியக்கத்தால் பல விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

(i) காந்தப் புயல்கள் (Magnetic storms)

ஞாயிற்றுக் கறைகளின் இபக்கம் தன் உச்சநிலையில் இருக்கும் பொழுது பூமியில் காந்தப் புயல்கள் ஏற்படுகின்றன. இக்கறைகள் தோன்றும்பொழுது ஞாயிற்றின் உட்பகுதியில் கொந்தளிப்பு ஏற்பட்டு வெளிவரும் மின் சுமை தாங்கிய அணுக்கூறுகள் (electrically charged particles) பூமி மண்டலத்தை மோதி, அம்மோதல் காரணமாகக் காந்தப் புயல்கள் ஏற்படலாமெனக் கூறப்படுகிறது. காந்தப் புயல்கள் தீவிரமாகும்பொழுது தந்தி, வானொலி அலைகள் சீர்கேடு அடைகின்றன.

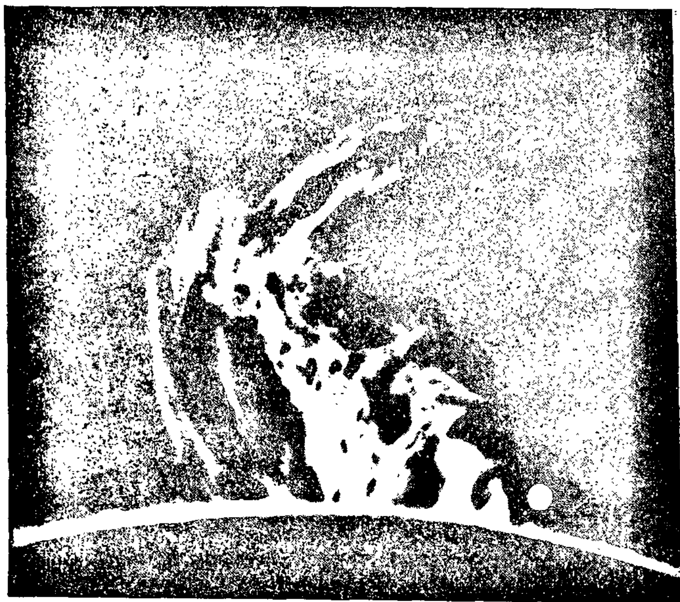
(ii) துருவ ஒளி (Aurora)

ஞாயிற்றின் கறைகளுக்கும், துருவப் பகுதிகளில் இரவில் தோன்றும் செவ்வான ஒளிக்கும் தொடர்புண்டென வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் குறிப்பிடுகின்றனர். இக் கறைகள் மிகுதியாகத் தோன்றும் காலத்தில் துருவ ஒளி மிகுதியாக இருக்கும் என்றும், கறைகள் குறைவாக இருக்கும் காலத்தில் துருவ ஒளி குறைவாக இருக்கும் என்றும் கூறுகின்றனர். ஞாயிற்றின் உட்கொந்தளிப்பின் காரணமாக வெளியேற்றப்படும் மின்னணுக்கள் மழை போலப் பெய்யும்பொழுது இந்தக் காந்த மழையைத் துருவப் பகுதிகள் வலிந்திழுகின்றன. இதன் விளைவாக, துருவப் பகுதிகளில், நள்ளிரவில் அவ்வொளி பொலிவுடன் தோற்றமளிக்கிறது.

246. ஞாயிற்றின் தீக் கொழுந்துகள் (Solar prommences)

ஞாயிறு முழு மறைப்பு (total solar eclipse) ஏற்படும்பொழுது ஞாயிற்றைப் பார்க்க முடிகிறது. அத் தருணத்தில் ஞாயிற்று விளிம்பிலிருந்து நீண்டு, உயர்ந்த தீச் சுடர்கள் (tongues of flame)

வெகு தூரம் செல்வதைக் காணலாம். இவற்றை ஞாயிற்றின் தீக் கொழுந்துகள் எனச் சொல்கிறோம். அவை சில ஆயிரம் கிலோ மீட்டர்கள்வரை எழுகின்றன. தீக் கொழுந்துகள் ஞாயிற்றின் விளிம்பில் மாணிக்கக் கற்கள் பதிந்திருப்பது போலத் தோற்றமளிக்கின்றன. ஞாயிற்றின் கறைகளைப் போலவே இவைகளுக்கும் கால வட்டம் உண்டெனக் கண்டுள்ளனர். இக் கால வட்ட அளவிலேயே தீக் கொழுந்துகள் உயர்வதையும், தணிவதையும்

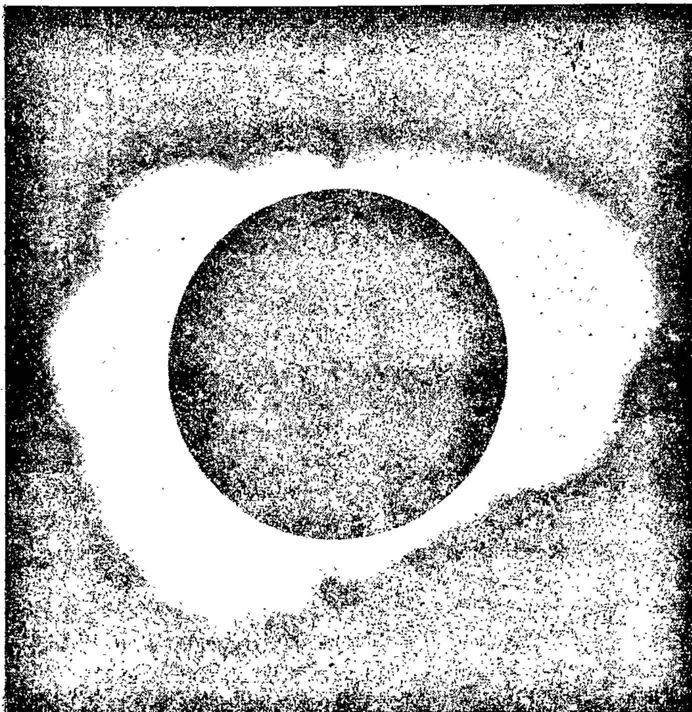


படம் 174.

காணலாம். தீக் கொழுந்துகள் ஞாயிற்றின் நடுவரைக்கு வடக்கிலும், தெற்கிலும், ஒரு பட்டயத்தில் அதிகமாகத் தோன்றும். சில தீக் கொழுந்துகள் ஞாயிற்றுக் கறைகளுக்கு அண்மையில் தோன்றுகின்றன.

247. ஞாயிற்றின் ஒளிர் மகுடம் (The corona of the sun)

ஞாயிறு முழு மறைப்பு ஏற்படும்பொழுது ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒளிவட்டம் நம் பார்வைக்குட்படுகின்றது. இதை ஞாயிற்றின் ஒளிர் மகுடம் என்கிறோம். இந்த ஒளிர் மகுடம் ஞாயிறு மண்டலம் முழுவதும் பரவியுள்ளது. ஒளிர் மகுடத்தின் உருவம் கறைகளின் இயக்கத்தைப் பொறுத்தது. கறைகள் மிகுதியாகத் தோன்றும் காலத்தில் ஒளிர் மகுடம் வட்டமாகவும் கறைகள் குறைவாகத் தோன்றும் காலத்தில் ஒளிர் மகுடம் துருவத்தில் சிறுத்தும், ஞாயிற்று நடுவரையில் பெருத்தும் காட்சியளிக்கும்.



படம் 175.

ஞாயிற்றின் ஒளி வளையம்

248. ஓரை வட்ட ஒளி (Zodiacal light)

ஞாயிறு மறைந்த பிறகு, திங்களில்லாத நாளன்று மேல் வானத்தைப் பார்த்தால், ஞாயிற்றிலிருந்து புறப்பட்டு வருவது போல ஒரு கூப்பு வடிவமான ஓர் ஒளிக் கற்றை மங்கலாகத் தெரியும். அதே மாதிரி கீழ்வானத்திலும் ஞாயிற்றின் தோற்றத்திற்கு முன்பு ஓர் ஒளிக் கற்றை கூம்பு வடிவில் தன் கதிர்களை விரித்திருப்பது தெரியும். இக் கூம்பின் பரந்த பகுதி தொடுவானத்தில் அமைந்து வானத்தில் மேலே செல்லச் செல்லக் கூம்பிவிடும்; மங்கலும் ஆகிவிடும். இதன் போக்கு ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையிலேயே அமைந்து ஏறக்குறைய 90° வரை பரவியிருக்கும். ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதை தொடுவானத்திற்கு மிகவும் சாய்வாக இருக்கும் காலங்களில் ஒளி மிகுந்திருக்கும். எனவே வெப்ப மண்டலத்தில்தான் (Tropical zone) ஒளி மிகுந்திருக்கும் எனத் தெரிகிறது. ஞாயிற்றிலிருந்து 30° தொலைவிற்கு அப்பால் இவ்வொளி மிகச் சிறப்பாகத் தோன்றும். இதனை அந்தி மெல்லொளியுடன் நாம் தவருகச் சேர்த்துவிடக் கூடாது. அந்தி மெல்லொளியும், இவ்வொளியும் கலந்திருக்கும்.

249. ஞாயிற்றுக் குடும்பம்

ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒன்பது கோள்கள் இயங்குகின்றன. அவை யாவன: (1) புதன் (2) வெள்ளி (3) பூமி (4) செவ்வாய் (5) வியாழன் (6) சனி (7) உரேனசு (8) நெட்டியூன் (9) ப்ளூட்டோ. இவற்றுள் புதனும் வெள்ளியும் பூமியின் இயங்கு பாதைக்குட்புறம் தங்கள் இயங்குபாதைகளைப் பெற்றுள்ளன. இவ்விரு கோள்களை உட்கோள்கள் (inner planets or interior planets) எனக் குறிப்பிடுகின்றோம். பூமிக்கு வெளியில் தங்கள் இயக்கப் பாதைகளைக் கொண்ட மற்றக் கோள்களைப் புறக் கோள்கள் (outer planets or superior planets) எனக் குறிப்பிடுகின்றோம்) புதனையும் வெள்ளியையும் பூமியைப்போன்ற கோள்கள் (terran) என்றும், மற்றக் கோள்களை ஞாயிற்றைப் போன்ற ஆவி பெரும் கோள்கள் (gas giants) எனவும் பாகுபடுத்தியுள்ளார்கள். இந்தக் கோள்களைத் தவிர, பல வானப் பொருள்களும் கெப்ளரின் விதிகளுக்கடங்க ஞாயிற்றைச் சுற்றி வலம் வருகின்றன. அவை வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தெரியாது. அவை களைச் சிறு கோள்கள் (Asteriods or minor planets) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். அவைகளின் சுற்றுப் பாதைகள் செவ்வாய்க்கும், வியாழனுக்கும் இடையே அமையப் பெற்றுள்ளன. அவைகளும் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை என்று கருதுகிறோம்.

250. போடின் விதி (Bode's law)

முறை	புதன்	வெள்ளி	புவி	செவ்வாய்		வியாழன்	சனி	யுரேனசு	நெப்டியூன்	புளூட்டோ
	0	1	2	4	8	16	32	64		
×3	0	3	6	12	24	48	96	192		
+4	4	7	10	16	28	52	100	196		
÷10	·4	·7	1	1·6	2·8	5·2	10	19·6		
ஞாயிற்றிலிருந்து வானியல் அலகுகளில் தூரம்	·4	·7	1	1·6	2·8	5·2	10	19·6		

உண்மை நிலையுடன் போடின் விதி ஏறக்குறைய சரியாகவே இருக்கிறது. ஆனால் 2·8-க்குச் சார்ந்த கோள் வெகு நாட்கள் கிடைக்கப் பெறுமல், பின்னர் சீரிசு (Ceres) என்ற குட்டிக் கோளைக் கண்டார்கள். இது போடின் விதியை நிலை நிறுத்தியது.

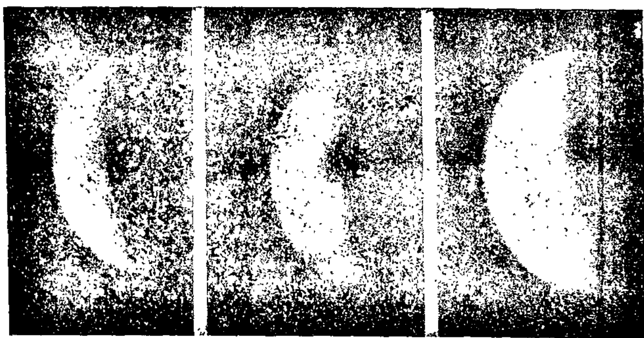
251. புதன் (Mercury)

இது ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் ஞாயிற்றுக்கு மிக அண்மையில் உள்ள கோளாகும். மற்றக் கோள்களைவிட மிக வேகமாக ஞாயிற்றைச் சுற்றி வரும் கோளாகும். அதனுல் இதை இறைத் தூதன் (Messenger of the God) என்ற சிறப்புப் பெயரால் அழைக்கின்றனர். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் 36 மில்லியன் மைல்களாகும். இதன் விட்டம் தோராயமாக 3000 மைல்கள். புதன் தன் பாதையில் நொடிக்கு 33 மைல்கள் வேகத்தில் சுற்றி வருகிறது. இதன் பாதையின் குவி மையப் பிறழ்வு தோராயமாக ·206. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு 7° சாய்வில் இதன் பாதை அமைகின்றது. இந்தக் கோளின் மீன் வழிச் சுற்றுக் காலம் 116 நாட்கள் ஆகும். இதன் ஒரு பக்கம் எப்பொழுதுமே ஞாயிற்றை நோக்கியேயுள்ளது. ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் கோணத் தொலைவு மிகச் சிறியதாகையால் வெற்றுக் கண்ணுக்கு இது தெரிவதில்லை.

மார்ச்சு, ஏப்ரல் மாதங்களில் கிழக்கிலும், செப்டெம்பர், அக்டோபர் மாதங்களில் மேற்கிலும் இது சில தருணங்களில் தெரியக் கூடும். புதன் சீரிசு விண்மீனைப் போன்ற ஒளியளவைப் பெற்றது. இதில் வளி மண்டலம் இல்லை. இதற்குத் துணைக் கோள் இல்லை.

252. வெள்ளி (Venus)

புதனைப் போல் வெள்ளியும் விடியற் காலையிலும், ஞாயிற்றின் மறைவிற்குப் பின்னர் மாலையிலும் காட்சியளிக்கும். அதனால் இக் கோளை 'விடிவெள்ளி' என்ற சிறப்புப் பெயரால் அழைக்கின்றனர். இதை நள்ளிரவில் காண முடியாது. ஞாயிற்றிலிருந்து வெள்ளியின் மீப்பெரு திசைவிலக்கம் 48° ஆகும். ஞாயிற்றின் இரு



படம் 175-A.

மௌண்ட் வில்சன் ஆய்வுக் கூடத்தில் 100'' தொலை நோக்கி மூலம் எடுக்கப்பட்ட வெள்ளியின் நிழல் படங்கள்

பக்கங்களிலும் இந்தத் திசை விலக்க அளவிற்குள் ஊசலாடும் எல்லாக் கோள்களையும் விட வெள்ளி மிக ஒளியுடையது. பளபளப்பான நிலையில் இதை வெற்றுக் கண்ணால் பகல் வேளையில் காண முடியும். இதன் மீன் வழிச் சுற்றுக் காலம் 224 நாட்கள். இதன் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலம் 583·9 நாட்கள். ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலத்தை 225 நாட்கள் என்று பலர் கூறுகின்றனர். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரி தொலைவு ·723 வானியல் அலகுகள். இதன் பாதை தோராயமாக வட்ட வடிவமேயாகும். இதன் பாதையின் குவி மையப் பிறழ்வு $\frac{1}{150}$. இதன் பாதை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு 3°21′ சாய்வில் அமைந்துள்ளது. இந்தக் கோளின் விட்டம் 7580 மைல்கள். இது

பூமியைவிடச் சிறிது குறுகியது. இதன் வளி மண்டலம் பூமியின் வளி மண்டலத்தைப் போன்றது. நீர்த் துளிகளோ, உயிரியமோ இதன் வளி மண்டலத்தில் இல்லை. இது அளவிலும், திணிவிலும் பூமியைப் போல் இருப்பதால் இதற்குப் 'பூமியின் இரட்டைச் சகோதரி' (twin sister) என்ற சிறப்புப் பெயர் தந்துள்ளார்கள்.

253. செவ்வாய் (Mars)

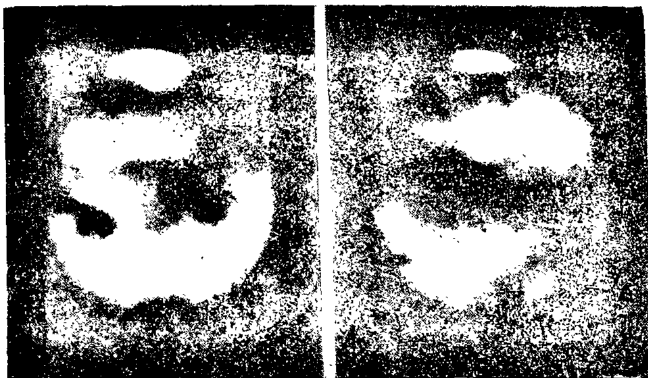
பூமிக்கு மிக அண்மையிலுள்ள புறக்கோள் செவ்வாயாகும். இது பூமியைவிடச் சிறியது. இதன் விட்டம் 4200 மைல்கள். இதன் திண்மை பூமியின் திண்மையில் பத்தில் ஒரு பங்காகும். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் 1·52 வானியல் அலகுகள் ஆகும். இதன் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலம் 687 நாட்கள் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலம் 780 நாட்கள் ஆகும். இதன் பாதை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு 2° சாய்வில் அமைந்துள்ளது. இதன் ஒழுக்கின் மையப் பிறழ்வு ·093 ஆகும். எதிர்த் திசை நிலையில் (at opposition) இது நமக்கு அண்மையில் வருகிறது. அப்போது இதன் ஒளியளவு 25 மடங்குகள் அதிகமாகத் தோன்றுகிறது. 15 அல்லது 17 ஆண்டுகளுக்கொருமுறை ஆகஸ்டு மாதப் பிற்பகுதியில் இந்தக் கோள் தன் அண்மை நிலைக்கு வருகிறது. அப்பொழுது இக் கோள் 36·4 மில்லியன் மைல்கள் தொலைவிலுள்ளது. இந்தக் கோளுக்கு இரண்டு துணைக் கோள்கள் உள்ளன. அவைகளை ஃபோபாசு, டெய்மாசு என்று பெயரிட்டுள்ளனர். அவைகளின் பொருள் முறையே பயம், கிலி என்பதாகும். செவ்வாய்க் கோளைப் 'போர்க் கடவுள்' எனக் கொண்டார்கள்.

செவ்வாய் தன் அச்சைச் சுற்றி $24^{ம.}$ $37^{நி.}$ $23^{வி.}$-ல் சுழல்கிறது. இதன் துணைக்கோளான ஃபோபாசு செவ்வாயைச் சுற்றி $7^{ம.}$ $19^{நி.}$-ல் வலம் வருகிறது. இது செவ்வாயின் சுழற்சிக் காலத்தைவிட மிகக் குறைவு. ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் இது ஒரு தனித் தன்மையாகும்.

தொலை நோக்கியின்மூலம் செவ்வாயைப் பார்த்தால் மர வண்ண நிறம்கொண்ட அகலமான பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. இவை செவ்வாய் சிவப்பு நிறமாய் உள்ளதற்குக் காரணமாகும். இவை தண்ணீர்ப் பரப்புகள் எனக் கருதுகிறார்கள். இந்தக் கோளின் துருவத்தில் சில தருணங்களில் வெண்மை நிறமான குல்லாய் போன்ற மூடியைக் காண்கிறோம். இக் குல்லாய் உறை பனியால் ஏற்படுகிறது எனக் கருதுகிறார்கள். இவை செவ்வாயின் 'பருவங்களின் விளைவுகள்' எனவும் கருதுகிறார்கள்.

சில தொலை நோக்கி ஆராய்ச்சியாளர்கள் கோளின் புறப் பரப்பில் பல கீரல்களைக் கண்டுள்ளார்கள். இவைகளைச் செவ் வாயில் அமைந்துள்ள கால்வாய்கள் (channels on mars) எனக் கருதுகிறார்கள். இவை செவ்வாயில் உள்ள மனிதர்களால் வெட்டப்பட்டவை என்கிறார்கள். ஆனால் செவ்வாயின் வளி மண்டலம் அழுத்தமானதல்ல. அதன் வெப்பநிலை மிகக் குறைவு. ஆங்கு மனிதர்கள் வாழமுடியுமா என்ற பெரும் ஐயம் இருப்ப தற்குக் காரணங்கள் பல உள்ளன.

1965-ம் ஆண்டில் அமெரிக்கர் ஒரு விண்வெளிக் கப்பலை (மாரினர் IV—Mariner IV) ஏவினர். இது செவ்வாய்க்கு மிக அண்மையில் சென்று நேரடியாகச் செவ்வாயைப் படங்கள் பிடித்து அனுப்பியது. அந்தக் கப்பல் செவ்வாய்க்கு பின்புறம் சென்றிருந்தபோது அனுப்பிய வானிலைச் செய்திகள் (radio signals) செவ்வாயின் வளி மண்டலத்தின் வழியாக வரும்பொழுது சிறிது மங்கின. இதனால் செவ்வாயின் வளிமண்டல அழுத்தம் மிகக் குறைவென்றும், அங்கு உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குரிய சூழ்நிலை இருக்கமுடியாது என்றும் முடிவுக்கு வந்தனர்.



படம் 175-B.

மவுண்ட் வில்சன் ஆய்வுக்கூடத்தில் 60" தொலை நோக்கியால் 1956-ல் எடுக்கப்பட்ட செவ்வாயின் இரு படங்கள்

251. சிறு கோள்கள் (Asteroids)

செவ்வாய்ப் பாதைக்கும், வியாழன் பாதைக்குமிடையே பற்பல வானப் பொருள்கள் கெப்ளரின் மூன்று விதிகளுக்குட்பட்டு

ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்குகின்றன. இவைகளைச் சிறு கோள்கள் (asteroids) எனச் சொல்கிறோம். இவைகளின் சுற்றுக் காலம் 3·5 ஆண்டுகள் முதல் 6 ஆண்டுகள் வரை உள்ளன. இவை பெரும்பாலும் வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தெரியா. தொலை நோக்கியின்மூலம் பார்த்து இவைகளின் எண்ணிக்கை சுமார் 2000 எனக் கணக்கிட்டுள்ளனர். இவற்றுள் சில 100 மைல்கள் விட்டமுள்ளவை. மிகச் சிறிய சிறு கோள்கள் 10 அல்லது 20 மைல்களுக்குள்ளாக விட்டத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன.

மிகப் பெரிய சிறுகோள் சீரிசு (Cerus) எனக் கண்டுள்ளார்கள். இச் சிறுகோள் 1801-ம் ஆண்டு சனவரி 1-ம் தேதி பியாசி என்ற வான ஆராய்ச்சியாளரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஞாயிற்றி லிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் 2·8 வானியல் அலகுகளாகும். இதைக் கண்டுபிடித்ததால், 'போடின் விதி, உறுதிபடுத்தப்பட்டது, ஈராசு (Eros) என்பது மற்றொரு சிறுகோள். இது 1898-ல் டவிட் என்ற வானியல் விஞ்ஞானியால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் விட்டம் 20 மைல்கள். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் 1·458 வானியல் அலகுகள் இது தன் அண்மை நிலையில் பூமியிலிருந்து 14 கோடி மைல்கள் தொலைவிலிருக்கும்.

சில சிறு கோள்கள் வியாழன் அமையும் தூரத்திற்குச் சமான தூரத்தில் அமைந்து, ஞாயிறு. வியாழனுடன் சமபக்க முக்கோணத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. அவைகளை 'டிரேசன் கூட்டம்' எனக் குறிப்பிடுகின்றோம்.

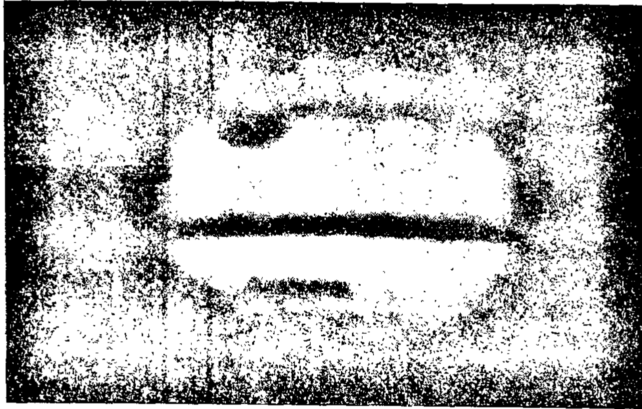
சிறு கோள்களின் பிறப்பு பற்றி ஆராய்வோம். செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்குமிடையே ஒரு கோள் இருந்ததாகவும், அது வியாழனின் ஈர்ப்பு வட்டத்திற்குள் சென்றதாகவும். பெருங் கோளாகிய வியாழன் சிதறுண்டு சிறு கோள்களாக மாறின எனவும் கருதுகிறார்கள்.

255. வியாழன் (Jupiter)

வியாழன் கோள்களிலெல்லாம் மிகப் பெரிய கோள். எல்லாக் கோள்களையும்விட அதிகத் திணிவுள்ளது. ஞாயிற்றிலிருந்து அதன் சராசரித் தூரம் பூமியின் சராசரித் தூரத்தைப்போல 11 மடங்காகும். இதன் கன அளவு பூமியைப்போல 1300 மடங்குகள் எல்லாக் கோள்களையும் திரட்டி ஒரே பொருளாக்கி வியாழனுள் செலுத்த முடியும். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் ·048 ஆகும். இதன் பாதை ஞாயிற்று தோற்றப் பாதைக்கு $1\frac{1}{3}^\circ$ சாய்வாக அமைந்துள்ளது. இந்தக் கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுக்காலம் 11·86 ஆண்டுகள். ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம்

398·9 நாட்கள். வியாழன் தன் அச்சைச் சுற்றிச் சுழலும் காலம் 9ம· 55நி· எதிர்த்திசை நிலையில் இக்கோள் நமக்கு அண்மையில் வரும் அந்த நேரத்தில் இது மிகவும் ஒளியுள்ளதாக இருக்கும். ஆனால் வெள்ளியை விடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும். தொலை நோக்கியின் மூலம் பார்த்தால் கோளின் இரு புறங்களிலும் 10° அகலமுள்ள பட்டயம் இருப்பதைக் காணலாம். வியாழனைச் சுற்றி அழுத்தமான வளிமண்டலம் இருக்கிறது. அவை மீதேன், அம்மோனியா ஆவிகளைப் பெற்றது. அதன் தட்டையில் ஒரு பெரிய சிவப்பு வண்ணக் கறை இருக்கிறது.

வியாழனுக்கு 12 துணைக்கோள்கள் உள்ளன. அவைகளுள் நான்கை (கலீலியோவின் துணைக் கோள்கள்) தொலைநோக்கியின் மூலம் காணமுடியும். அவை கலீலியோவினால் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இரண்டு திங்களைவிடச் சிறியவை. மற்ற இரண்டும் திங்களைவிடப் பெரியவை. ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் இவை இரண்டும் மிகப் பெரிய துணைக்கோள்களாகும். மிகப்பெரிய துணைக்கோள் கனிமீட் (ganymede) ஆகும்.



படம் 175-C.

200" தொலை நோக்கியால் எடுக்கப்பட்ட வியாழனின் நிழல்படம் பெரிய சிவப்புக்கறை (Great red spot)-ம், கனிமீடின் நிழலையும் காணலாம்.

256. சனி (Saturn)

இந்தக் கோளை ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் அணிகலன் (jewel of the solar system). என்ற சிறப்புப் பெயருடன் அழைக்கின்றனர்.

இதைத் தொலை நோக்கியின் மூலம் பார்த்தால் இதன் தனிச் சிறப்புத் தெரியும். இதைச் சுற்றித் தங்க மயமான ஒளி வட்டங்கள் காணப்படுகின்றன. இவ்வொளி வளையங்கள் ஆராய்ச்சியாளர்களை வியப்பில் ஆழ்த்தியுள்ளன. இன்று வரை இவ்வொளி வளையங்கள், எப்படி, எங்கிருந்து வருகின்றன என்று திட்டமாகக் கூற முடிய வில்லை. தொலை நோக்கி வழியாகப் பார்க்கும் பொழுது மூன்று அழகு வாய்ந்த பொது மைய வட்டங்களாக அத் தங்க வளையங்கள் நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றன. இவை யாவும் சனியின் நடுவரைத் தளத்திலேயே அமைந்துள்ளன. இந்த வளையங்களை (1) புற வளையம் (outer ring). (2) பளபளப்பான வளையம் (bright ring). (3) கரு வளையம் (crepe ring) எனக் குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். இவையாவும் வட்ட வடிவத்தைப் பெற்றவை. ஆனால் சாய்வாக நோக்கின் நீள்வட்ட வடிவமுடையவை போலத் தோன்றும். இம் மூன்று வளையங்களின் அகலங்கள் பின் வருமாறு:

புறவளையம் :

அகலம் 10,000 மைல்கள் (16,000 கி. மீ.)

பளபளப்பான வளையம் :

அகலம் 16,000 மைல்கள் (25,600 கி. மீ.)

கரு வளையம் :

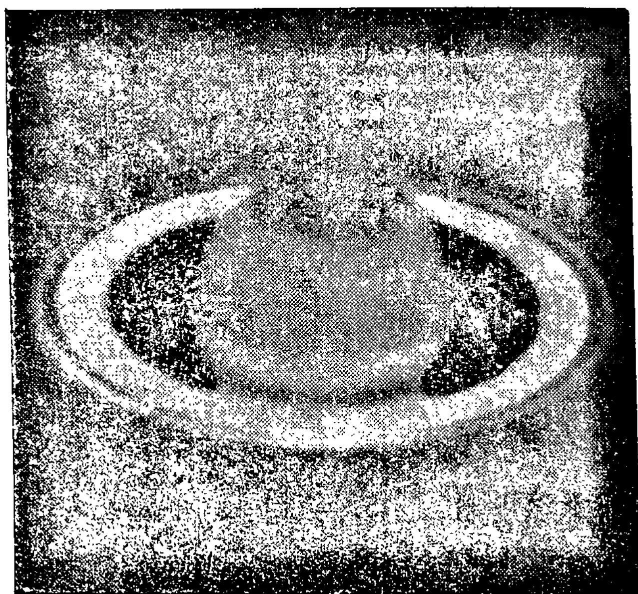
அகலம் 11,500 மைல்கள் (18,400 கி. மீ.)

இந்த வளைய அமைப்பின் விட்டம், 1,71.000 மைல்கள். இந்த அளவுகள் தோராயமான அளவுகளேயாகும். இந்த வளையங்கள் அகலமானவை; ஆனால் தடிப்பானவை அல்ல. இந்த வளையங்கள் ஒன்றோடொன்று இணைந்திருப்பதாகத் தோன்ற வில்லை. பட்டைப் பட்டைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவ் வளையங்கள் கோளோடு ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதாகவும் தெரிய வில்லை. ஏனெனில் வளையங்களின் உட்பகுதிகள் வேகமாகவும், புறப் பகுதிகள் சிறிது குறைந்த வேகத்திலும் தாய்க் கோளைச் சுற்றி வருகின்றன.

இவைகளின் பிறப்பைப் பற்றி ரோச்சு (Roche) என்ற விஞ்ஞானி ஒரு கருத்து தெரிவித்துள்ளார். சனியைச் சுற்றி வந்த ஒரு துணைக் கோள் தாய்க் கோளுக்கு அண்மையில் வந்து தாய்க் கோளின் ஈர்ப்பு விசையில் அகப்பட்டு, சிதறுண்டு போயிருக்க

லாம் எனச் சொன்னர். இதனல் இந்த வளையங்கள் ஏற்பட்டிருக்கக் கூடும் எனக் கூறினர்.

ஞாயிற்றிலிருந்து சனிக் கோள் 9·509 வானியல் அலகுகள் தூரத்திலுள்ளது. இதன் பாதையின் குவி மையப் பிறழ்வு 056. இதன் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலம் 29·5 ஆண்டுகளாகும். ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக் காலம் 378 நாட்களாகும். இந்தக் கோள் மிகக் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள கோளாகும். இதன் வளிமண்டலம் வியாழனின் வளி மண்டலத்தைப் போலுள்ளது.



படம் 176.

சனிக்கோளுக்கு 9 துணைக்கோள்கள் உள்ளன. அவைகளெல்லாம் வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தெரியா அவற்றுள் ஒன்றின் பெயர் டைமான் (Timan) என்பதாகும். இதன் விட்டம் 3500 மைல்கள். இது ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் மிகப் பெரிய துணைக் கோளாகும். இது திங்களைவிட 1·6 மடங்குகள் பெரியது. ஒன்பதாவது துணைக்கோளுக்கு ஃபோபே என்பது பெயர். இது தாய்க்கோளைச் சுற்றி இடஞ் சுழியாக இயங்குகிறது.

257. உரேனசு (Uranus)

உரேனசு என்ற கோள் கெரிசல் என்பவரால் 1781-ம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 13-ம் தேதி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. முதலில் இது ஒரு வால் விண் மீன் என்று நம்பப்பட்டது. பிறகு இலாப்லேசு, கணித முறைப்படி இது ஒரு கோளென உறுதிப் படுத்தினர். ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தூரம் 19 வானியல் அலகுகள் ஆகும். ஞாயிற்றுவழிச் சுற்றுக்காலம் 370 நாட்களாகும். இதன் மீன்வழிச் சுற்றுக்காலம் 84 ஆண்டுகள் ஆகும். இதன் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு ·047 ஆகும். இந்தக் கோள் வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தெரியாது. இந்தக் கோளுக்கு 5 துணைக்கோள்கள் உள்ளன. இவைகளின் இயங்கு தளம் உரேனசு ஞாயிற்றைச் சுற்றி இயங்கும் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். வியாழன், சனியைப் போன்று இக் கோளுக்கும் வளி மண்டலம் உண்டு.

258. நெப்டியூன் (Neptune)

நெப்டியூன் என்ற கோள் 1846-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது ஞாயிற்றிலிருந்து 30·07 வானியல் அலகுகள் தொலைவி லுள்ளது. இதன் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு ·0086. இது மிகக் குறைவான மதிப்பாகும். இதன் மீன்விழிச் சுற்றுக்காலம் 164·8 ஆண்டுகள். இதன் ஞாயிற்று வழிச் சுற்றுக்காலம் 367·5 நாட்கள் ஆகும். இக்கோள் வெற்றுக் கண்ணுக்குத் தெரியாது.

நெப்டியூனுக்கு இரண்டு துணைக்கோள்கள் உள்ளன. முதல் துணைக்கோள் (Triton) ட்ரைடான் தாய்க்கோள் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட ஒரு மாதத்திலேயே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. 1949-ம் ஆண்டில் மற்றொரு துணைக்கோள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் பெயர் நெரெய்ட் (Nereid). கிரேக்க மொழியில் இவ்விரண்டு துணைக் கோள்களுக்கும் 'தாதிப்பெண்கள்' என்பது பொருள். இவை நெப்டியூன் என்ற கடற்கடவுளுக்குத் தாதிப் பெண்கள் ஆகின்றன போலும்! இரண்டாவது துணைக்கோள் தாய்க் கோளினின்று $359 \times 149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீ. தொலைவிலுள்ளது.

உரேனசும் நெப்டியூனும் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் இரு செவிட்டு ஊமைகள் (deaf mutes) என ஒருவர் கூறினர். இவ் விரண்டும் ஞாயிற்றிருந்து மிக அதிகமான தொலைவிலுள்ளதால் இவைகளைப் பற்றிய தனிச் சிறப்புகள் இன்னும் காணமுடிய வில்லை.

259. புளூட்டோ (Pluto)

உரேனசு, நெப்டியூன் என்ற கோள்கள் கணிக்கப்பட்ட பாதையினின்றும் சிறிது பிறழ்ந்திருந்ததால், ஆராய்ச்சியாளர்கள் இதற்கப்பாலும் ஒரு கோள் இருக்கலாம் என ஊகித்தார்கள். இறுதியில் பெர்சிவால், லோவல் அவர்களின் பெரும் கணித முயற்சியால் 1930-ம் ஆண்டு லோவல் ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் இதன் இருப்பிடம் கணக்கிடப்பட்டு மிதுன இராசியில் காணப்பட்டது. ஞாயிற்றிலிருந்து இதன் சராசரித் தொலைவு 39·5 வானியல் அலகுகள். இதன் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலம் 247·7 ஆண்டுகள். இதன் பாதை ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதைக்கு 17° சாய்வில் அமைகிறது. இதன் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு ·25 ஆகும். இதன் விட்டம் 2000 மைல்கள். இதன் திணிவு பூமியைவிடக் குறைவு.

பெர்சிவல், லோவல் என்ற பெயரிலுள்ள P, L என்ற முதல் எழுத்துகளையும், அதை நேரடியாகத் தொலை நோக்கியில் கண்டு பிடித்த Tornbrough என்பவரின் பெயரிலுள்ள T, O என்ற எழுத்துகளையும் கொண்டு Pluto என்று இதற்குப் பெயர் சூட்டப்பட்டது.

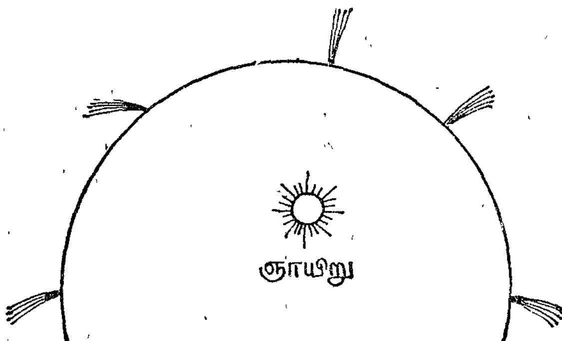
18. வால் மீன்களும், எரி மீன்களும்

(Comets and Meteors)

160. வால் விண்மீன்கள் (Comets)

ஞாயிற்றுக் குடும்பக் கோள்களைப் போலவே வால் விண்மீன்களும் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன. அவைகளும் கெப்ளரின் மூன்று விதிகளுக்குட்பட்டே இயங்கி வருகின்றன. ஆகவே தான் அவைகளை ஞாயிற்றுக் குடும்பத்துடன் சேர்த்துள்ளோம். அவை ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு விசையால் இயங்குபவை. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் தோன்றி மறையக்கூடியவை என்று உறுதியாகக் கூறமுடியாது. ஒருசில விண்மீன்களைத் தவிர மற்றவை கால வட்டங்களுக்குட்பட்டனவா என்று தெரியவில்லை. பல வால் விண்மீன்கள் திடீரென்று தோன்றி ஒளி மிகுந்து சிறிது காலம் வான வெளியில் பயணம் செய்து ஒளி மங்கி மறைந்துவிடுகின்றன.

வால் விண்மீன்களின் தோற்றம்

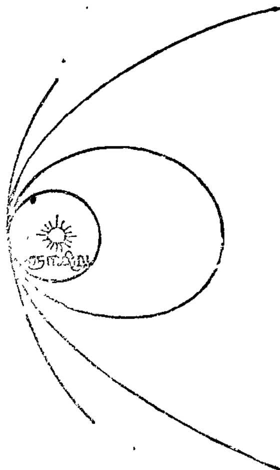


படம் 177.

வால் விண்மீனின் தோற்றம்
அதன் வால் ஞாயிற்றின் எதிர்த்திசையில் உள்ளது

தொலை நோக்கியில் வால் விண்மீன் ஒன்றைப் பார்க்கும் பொழுது, அது ஒரு மங்கலான தெளிவான உருவம் பெறாத முகில் போலத் தோன்றுகிறது. ஆனால் அதன் நடுவே ஒரு செறிவும் உறைவும் உண்டாகியிருக்கலாம். இந்த விதத்தில் முதன்முதலில் தோன்றும் வால் விண்மீன் ஞாயிற்றை நெருங்க, நெருங்க மூன்று பகுதிகளை வளர்த்துக் கொள்கிறது. அவையாவன: ஒரு தலை (head or coma), ஒரு மையக்கரு, ஒரு வால். தலையின் அண்மையிலுள்ள ஒரு மையக்கரு மிக்க ஒளியோடு இருக்கும். இது ஒரு விண்மீன்போலத் தோன்றும். தலைப்பக்கம் எப்பொழுதும் ஞாயிற்றை நோக்கியே இருக்கும். மங்கலான வால் ஞாயிற்றுக்கு எதிர்ப் பக்கத்தில் இருக்கும். குழாயின் அச்சு வால் விண்மீனின் இயங்கு பாதைத் தளத்தில் அமையும். வால் நுனியிலிருந்து மையக் கருப்பக்கம் செல்லச் செல்ல ஒளி அதிகமாகிக்கொண்டே செல்லும். வால் விண்மீன் ஞாயிற்றை நெருங்க, நெருங்க வாலும் விண்மீனுக்குப் பின்னே செல்லும். வால் விண்மீன் ஞாயிற்றின் அண்மை நிலையைக் கடந்த பிறகு வால் முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லும். ஞாயிற்றை அடுத்துள்ள பொழுது இதற்கு வாலுண்டு. பின்னர் வால் 16×10^6 முதல் 36×10^6 கி. மீ. அளவுக்கு நீண்டிருக்கும்.

வால் விண்மீனின் ஒழுக்கு



படம் 178.

வால் விண்மீன்களின் ஒழுக்கு

பெரும்பான்மையான வால் விண்மீன்கள் பரவளைய ஒழுக்கு களில் (parabolic orbits) இயங்கும். சில அதிபரவளைய ஒழுக்கு களிலும் (hyperbolic orbits), மற்றவை நீள்வட்ட (ellipse) ஒழுக்கு களிலும் இயங்கும். பல வால் விண்மீன்களின் ஒழுக்குகளை நாம் திட்டவட்டமாகக் கணிக்க முடியாது. அவை ஞாயிற்றுக்கு அண்மையில் வரும்பொழுது நமக்குத் தெரிகின்றன. பின்னர் அவை என்ன ஆகின்றன என அறியமுடியாத நிலையில் உள்ளோம்.

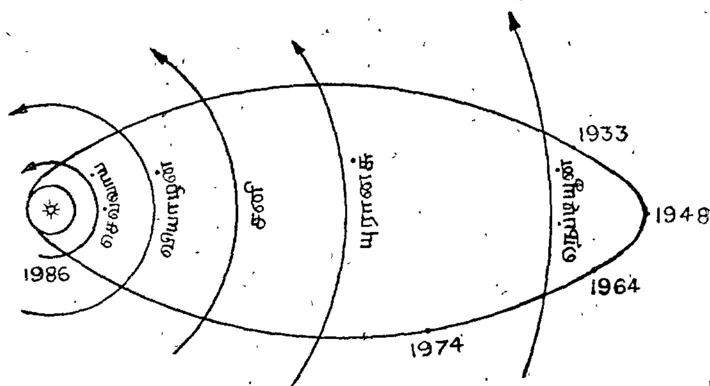
ஒரு வால் விண்மீனின் ஒழுக்கு பரவளையம் என்றோ, அதி பரவளையம் என்றோ கொண்டால் அதை நாம் திரும்பக் காண முடியாது. ஆனால் இயல்பாக நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கும் ஒரு வால் விண்மீனின் ஒழுக்கு கோள்களின் உலைவுகளால் (perter-baturs) அதிபரவளைய ஒழுக்காகவும் மாறப்படலாம். அந்த நிலையில் வால் விண்மீன்கள் புறவெளியிலிருந்து வராவிட்டாலும் புறவெளிக்குத் தப்பியோட முடியும். ஆனாலும் பல வால் விண் மீன்களின் ஒழுக்கு நீள்வட்டங்களெனக் கணித்துள்ளனர். ஏறக்குறைய 50 வால் விண்மீன்கள் காலவட்டத்திற்குட்பட்டவை எனத் தெரிகிறது. அவை ஒருமுறையேனும் திரும்பி வந்து கண்ணுக்குத் தெரிகின்றன.

262 வால் விண்மீனின் குடும்பங்கள்

வியாழன் என்ற பெருங்கோளுக்குச் சொந்தமாக ஒரு வால் விண்மீன் குடும்பம் உள்ளது. வியாழனின் பொருண்மை காரண மாகப் பல வால் விண்மீன்கள் இக்கோளின் ஈர்ப்பு விசையில் சிக்கிக்கொள்கின்றன என்பது கொள்கையாகும். வியாழனின் குடும் பத்தில் 30-ம், சனிக்கு 3-ம், உரேனசுக்கு 2-ம், நெப்டியூனுக்கு 8-ம் வால் விண்மீன்கள் இருக்கலாமெனத் தெரிகிறது. உலகப் புகழ்பெற்ற கேலியின் வால் விண்மீன் (Halley's comet) நெப்டியூன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இவை தவிர, எத்தனையோ வால் விண்மீன்கள் வானில் தோன்றி வளர்ந்து, மறைந்து அல்லது சிதைந்து போவதை நாம் காண்கிறோம்.

இரண்டு முக்கியமான வால் விண்மீன்கள் 1832 III, 1889 II என்பன; ஞாயிற்றிலிருந்து இவைகளின் சராசரித் தூரங்கள் முறையே 47·6, 49·8 வானியல் அலகுகள். இவை நெட்டியூனுக்கு அப்பால் உள்ளன. இவை நாமறியாத ஒரு பெருங்கோளின் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை போலும்!

263. புகழ்பெற்ற சில வால் விண்மீன்கள்



படம் 179.

கேலி வால் விண்மீனின் பாதை 1986-ல் ஞாயிற்றிற்கு மிக அண்மையில் வரும்

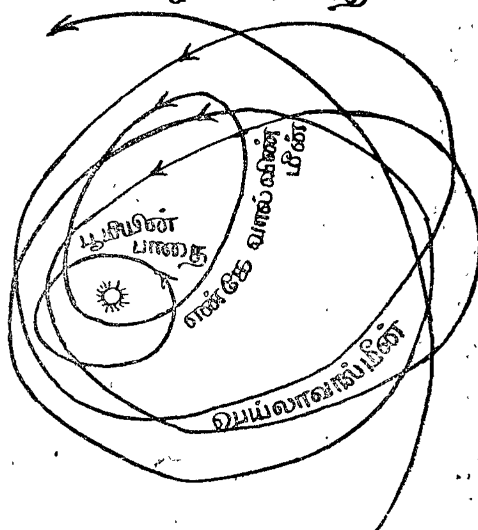
i) கேலி (Halley) விண்மீன்

எட்மண்ட் கேலி என்ற வானியல் விஞ்ஞானி நியூட்டன் காலத்தவர். இவர் வானியலில் பல துறைகளில் ஆராய்ச்சி செய்துள்ளார். இவர் இரண்டாவது அரசவை வானியல் அறிஞராக (astronomer royal) இலண்டன் வானிலை ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் பணியாற்றினர். இவர் கண்ட வால் விண்மீனுக்கு இவர் பெயரே சூட்டப்பட்டுள்ளது. (இது நெப்டியூன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. இது கி பி. 1066-ல் முதன் முதலாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது) கேலியால் இதன் இயக்கப் பாதையும் கால வட்டமும் கணிக்கப்பட்டன. இந்த வால் விண்மீன் கி. பி. 1456, 1531, 1607, 1682 ... ... ஆண்டுகளில் தோன்றிற்று. இதன் கால வட்டம் ஏறக்குறைய 75 அல்லது 76 ஆண்டுகளாகும். அவர் இந்த வால் விண்மீன் 1758-ல் மறுபடி தோன்றுமென்றும், அப்பொழுதுதான் உயிருடன் இருக்கமுடியாதென்றும், அந்த வால் விண்மீன் தோன்றினல் அதை முதன் முதலில் கண்டுபிடித்த பெருமை ஓர் ஆங்கிலேயனுக்கு வழங்கப் பிற்கால மக்கள் மறுக்கமாட்டார்கள் என்றும் கூறினர். அவர் மறைந்த பின்பு அவர் குறிப்பிட்ட நாளன்றே, அதாவது 1758-ம் ஆண்டு கிறிஸ்துமஸ் நாளில் அது வானில் தென்பட்டது. அது வானில் பல நாட்கள் பயணம் செய்தது. 1759 மார்ச் 12-ம் தேதி ஞாயிற்றின் அண்மை நிலையை எய்தி நீண்ட வாலோடு காட்சியளித்தது சில நாட்களுக்கு பிறகு மறைந்தது. மீண்டும் 1835-ம் ஆண்டு நவம்பர் 15-ம் தேதி ஞாயிற்றின்

அண்மை நிலையில் தோன்றிற்று. 1910-ம் ஆண்டு மறுபடியும் தோன்றிற்று. அடுத்தபடி இந்த வால் விண்மீனை 1985-ம் ஆண்டில் எதிர்பார்க்கலாம். முதன் முதலில் கால வட்டம் கணிக்கப்பட்ட விண்மீன் இதுவேயாகும். இது கிழக்கு மேற்காக வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுகிறது.

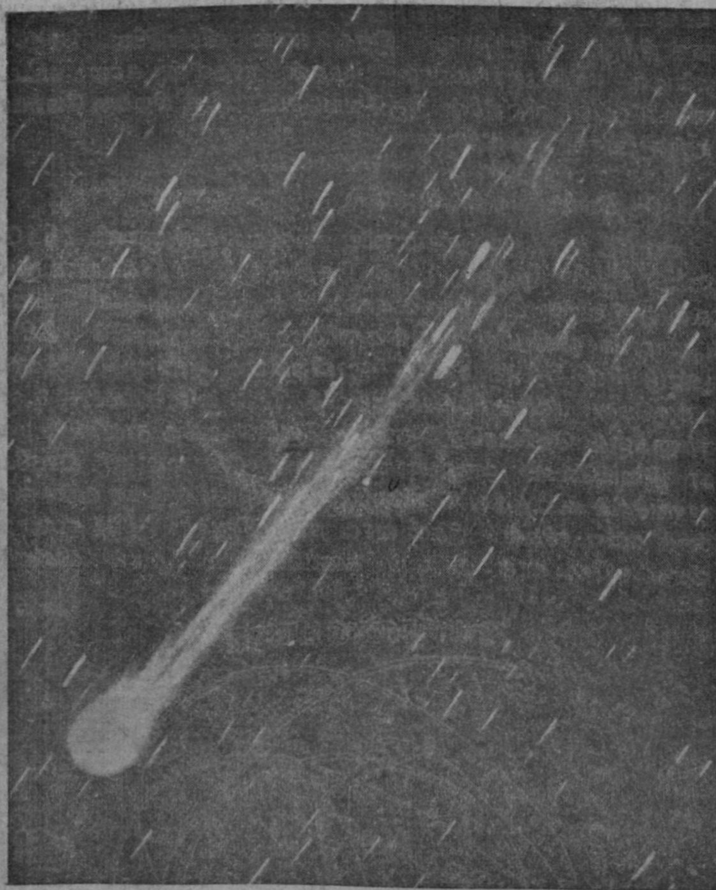
(ii) என்கேயின் வால் விண்மீன் (Enkey's comet)

என்கே என்பவர் ஜெர்மானிய வானியல் விஞ்ஞானி. 1810-ம் ஆண்டு நவம்பர் மாதம் 18-ம் தேதி தொலை நோக்கியின் மூலம் இவர் ஒரு வால் விண்மீனைக் கண்டார். இது $3\frac{1}{2}$ ஆண்டுக் கால வட்டமுள்ள விண்மீன் எனக் கணித்து அது மறுபடியும் 1822-ம் ஆண்டு மே 24-ம் நாளில் ஞாயிற்றின் அண்மை நிலையைக் கடக்குமென முன்கூட்டியே அறிவித்தார். ஐரோப்பாவில் உள்ள மக்களுக்குத் தெரியாதென்றும் கூறினர். அதே நாளில் 3 மணி நேர இடைவெளி அளவில் பாரமட்டா (Paramatta) வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் தொலைநோக்கி வழியாக இந்த வால் விண் மீனைக் கண்டார்கள். கேலி வால் விண்மீனுக்கு அடுத்தபடியாக முன்கூட்டியே கால வட்டம் கணிக்கப்பட்ட வால் விண்மீன்



படம் 180.

வியாழன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த சில வால் விண்மீன்களின் பாதைகள்



படம் 181.

டானியலின் வால் மீன். 1907-ம் ஆண்டு ஜூலைத் திங்கள் 17-ம் நாள் இந்த நிழற்படம் எடுக்கப்பட்டது. ஒளிக்கீற்றுகள் விண்மீன்களைக் குறிக்கின்றன.

இதுவேயாகும். மேலும் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இதன் கால வட்டம் 2½ மணி நேரம் குறைகிறது.

வால் விண்மீன்களையும் கோள்களையும் ஒப்பிடுதல்

1. கோள்கள் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை. மொத்தம் சிறு கோள்கள் நீங்கலாக 9 கோள்கள் உள்ளன. வால் விண்மீன்களும் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை என்று சொல்லலாம். ஆனால் இவை பண்ணிலடங்காதவை.

2. கோள்கள் கெப்ளரின் விதிகளுக்குட்பட்டு இயங்குகின்றன. வால் விண்மீன்களும் கெப்ளரின் விதிகளுக்குட்பட்டு இயங்குகின்றன.

3. கோள்கள் நீள்வட்டப் பாதைகளில் இயங்குகின்றன. வால் விண்மீன்கள் நீள்வட்டப் பாதைகளிலும் அதைத் தவிர பரவளையப் பாதைகளிலும், அதிபர வளையப் பாதைகளிலும் இயங்குகின்றன.

4. கோள்கள் கால வட்டப்படி இயங்கும். வால் விண்மீன்களுள் சில கால வட்டப்படி இயங்கும். பெரும்பாலானவைகளின் கால வட்டங்கள் கணிக்க முடியவில்லை. சில வால் விண்மீன்கள் தோன்றி உடனே மறைந்து விடுகின்றன.

5. கோள்கள் தம் இயங்கு பாதையிலேயே நகர்கின்றன. வால் விண்மீன்கள் தோன்றிய வகையில், தோன்றிய பாதையில் இயங்குகின்றன.

6. கோள்களின் இயங்கு வழிகள் ஒரே தளத்தில் அமைந்தவை. வால் விண்மீன்களின் இயங்கு வழிகள் ஒரே தளத்தில் அமைந்தவைகளாகத் தோன்றவில்லை.

7. கோள்கள் ஏறக்குறைய கோள வடிவம் பெற்றவை. வால் விண்மீன்கள் வெகு தூரத்தில் இருக்கும்பொழுது கோள வடிவம் பெறும். ஞாயிற்றுக்கு அண்மை நிலையில் வரும்பொழுது தலை, மையக்கரு, வால் ஆகியவை உருவாகும்.

8. கோள்கள் அலைக் கொள்கைப்படி ஞாயிற்றிலிருந்து பிறந்தவை. வால் விண்மீன்கள் எப்படிப் பிறந்தன என்பதைப் பற்றிய திட்டமான கொள்கை எதுவுமில்லை.

9. கோள்கள் அடர்த்தியுள்ளவை. வால் விண்மீன்கள் மிக இலேசானவை ஆகும்.

26. எரிமீன்களும், விண்கற்களும் (Meteors and Meteorites).

எரி மீன்கள் வால் விண்மீன்களோடு நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளவை. சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர்தான் இவைகளைப் பற்றிய முழுத் தகவல்கள் வரையறுக்கப்பட்டன. இவை திங்களில்லாத இரவுகளிலேயே காணப்படும். சில இரவுகளில் அதிகமாகவும் காணப்படும். இவைகளை வெற்றுக் கண்களால் பார்க்க முடியும்.

எரி மீன்களை வான 'எரி பந்துக்கள்' எனச் சொல்லலாம். அவைகள் கூட்டமாக ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன, அவை களெல்லாம் கெப்ளரின் விதிகளுக்குட்பட்டே இயங்கி வருகின்றன. அவைகளின் அளவுகள் பல்வேறு திறத்தவை. சில எரி மீன்கள் பல டன் எடையுள்ளவை. பல மணல் துகள்கள் அளவுள்ளவை. அவைகள் வெகு தூரத்திலிருக்கும்பொழுது நமக்குத் தெரிவதில்லை. அவை பூமியின் வளி மண்டலத்தை அடையும்பொழுது மணிக்கு 20 முதல் 40 மைல்கள் வேகத்துடன் வரும்பொழுது வளிமண்டலத் துடன் மோதி, உராய்வினால் தீப்பற்றி நமக்குத் தோன்றும். பூமி இயங்கும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் வரும்பொழுது அவைகளின் சார்வேகம் அதிகமாகும். எனவே மிகுந்த வேகத்தைப் பெற்று வானவெளியில் பாயும். அதே ஒளியுடன் மறையும். இவைகளை எரி மீன்கள் (meteors) எனச் சொல்கிறோம்.

அவைகள் பூமியின் பிற்பகுதியிலிருந்து வந்தால், உராய்வின் பொழுது வெப்பம் மிகுதியாக ஏற்படுவதில்லை. அவைகள் முழுதும் எரிந்து போவதில்லை. வெப்பம் தணிந்து கற்களாக மாறி மழை போல பூமியில் பெய்யும். இவைகளை விண் கற்கள் (Meteorites) எனச் சொல்கிறோம். அவை பூமியைத் தாக்கும்பொழுது பெரிய ஒலியுடன், புகைப் படலம், வெப்பக் கதிர் ஆகியவைகளை வீசும்.

266. எரி மீன்களின் ஆதி (Origin of meteors)

வால் விண்மீன்கள் சிதறுண்டு, எரி மீன்களாகக் காட்சியளிக் கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். இது உண்மைக்குகந்ததாக வுள்ளது. இந்தக் கூற்று பெய்லா வால் விண்மீனின் மறைவால் திட்டமிடப்பட்டது. இந்த வால் விண்மீன் வியாழனின் குடும் பத்தைச் சேர்ந்தது. இதன் காலவட்டம் 6·5 ஆண்டுகள். 1852-ல் இது இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிந்தது. இவ்விரண்டும் ஒன்றின் பக்கத்தில் மற்றொன்றாக இயங்கிக் கொண்டு வந்தன. பிறகு இவைகளைக் காண முடியவில்லை. ஆனால் 1872-ல் பூமி இந்த வால் விண்மீன் பாதையில் செல்கையில் எரி மீன் மழையில் அகப் பட்டது. ஆகவே இந்த எரி மீன் மழை அந்த வால் விண்மீன் சிதறுண்டதால் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் எனக் கொண்டார்கள். ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் இதுபோன்ற நிகழ்ச்சிகள் பல நிகழ் கின்றன. பாய்ந்துவரும் எரி மீன்கள் நூற்றுக்கணக்கான கிலோ மீட்டர் ஓடிவந்து பூமிக்கு 8 முதல் 80 கி. மீ. வரையுள்ள உயரத்தி லேயே மறைந்து விடுகின்றன. இவை வெடிக்கும்பொழுது பல வகைப்பட்ட பொருள்கள் இவ்வெரி மீன்களிலிருந்து பிய்த்தெறியப் படுகின்றன.

267. எரி மீன் வீச்சு முகம் (Meteor radiant)

எரி மீன்கள் யாவும் வானக் கோளத்தில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோலத் தோன்றும். அப்புள்ளிக்கு எரிமீன் வீச்சு முகம் என்பது பெயர். 363 எரி மீன் வீச்சு முகம் கொண்ட எரி மீன்களை ஒரு எரி மீன் கூட்டம் என்று கூறுகிறோம்.

268. எரி மீன் கூட்டங்கள்

சில எரி மீன் கூட்டங்களை வகைப்படுத்தியுள்ளார்கள். அவை யாவன: (1) 'பெர்செய்ட்'கள் அல்லது ஆகஸ்டு எரிமீன்கள் (Perseids or August Meteors), (2) 'லைரிட்கள்' (The Lyrids). (3) லியோனிட்கள் (The Leonids). (4) பைலிட்கள் (The Bielides or the Andromedy) ஆகும்.

(1) பெர்செய்ட்கள்: ஒவ்வோர் ஆண்டும் ஆகஸ்டு மாதத்தில் முதல் அல்லது இரண்டாவது வாரத்தில் பூமியின் பாதை 'டட்டிலின்' என்ற வால் விண்மீன் சென்ற பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்கிறது. அவ்வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இன்னும் அப்பாதையில் சுழன்று கொண்டேயிருக்கின்றன. அந்தப் பாதையில் பூமி செல்வதால் அப்பொழுது ஒரு விண் கல் மாரி பூமியின்மேல் பொழியும். ஏறக்குறைய இந்நிகழ்ச்சி ஒரு மாதம் தொடரும். ஆகஸ்டு 10, 11, 12 தேதிகளில் இக் காட்சி பார்ப்பதற்கு மிகவும் அழகாக இருக்கும். இந்த எரி மீன் கூட்ட வீச்சு முகம் பெர்செயசு விண்மீன் மண்டலத்தில் இருப்பதாகத் தெரிவதால் இவ்வெரி மீன் கூட்டத்தைப் பெர்செயிட்கள் எனக் குறிக்கிறோம்.

(2) லைரிட்டுகள்: இது லைரா (Lyra) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் வீச்சு முகம் கொண்ட ஓர் எரி மீன் கூட்டமாகும். ஏப்ரல் 20, 21 தேதிகளில் இதன் எழில் மிகு வீழ்ச்சியைக் காணலாம்.

(3) லியோனிட்டுகள்: லியோ (Leo) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் இதன் வீச்சு முகம் இருப்பதால் இவ்வெரி மீன் கூட்டத்திற்கு 'லியோனிட்' எனப் பெயரிடப்பட்டது. நவம்பர் 14-ம் தேதி விண்கல் மழை ஒளி மிகுந்து பொழிவதைக் காணலாம். இதை $33\frac{1}{4}$ ஆண்டுக் காலவட்டத்தில் சிறப்பாகக் காணலாம். டர்பல் என்ற வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் அதன் பாதையில் சுழன்று கொண்டிருக்கின்றன என்றும் அதனுல் இந் நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறதென்றும் கூறுகின்றனர்.

(4) பைலிட்கள்: இதன் வீச்சுமுகம் அண்ட்ரமீடா விண்மீன் (Andromeda) மண்டலத்தில் உள்ளது. இதன் எழில்மிகு வீச்சு ஏறக்குறைய நவம்பர் 24-ம் தேதி நிகழ்கிறது. $6\frac{3}{4}$ ஆண்டுகள் கால வட்டத்தில் மிக்க ஒளியுடன் காட்சியளிக்கின்றது. பைலா என்ற வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இந்த விண் கல் மழைக்குக் காரணம் எனக் கருதப்படுகின்றது. அதனுல்தான் இதற்கு இப் பெயர் வந்தது.

269. விண் கற்கள் (Meteorites)

இவை இருவகைப்படும்: (1) இரும்பு விண் கற்கள் (iron meteorites) (2) கல் விண் கற்கள் (stone meteorites) இவைகளுள் சில, பல டன்கள் எடையுள்ளவை. தென்மேற்கு ஆப்ரிக்காவில் 60 டன் எடையுள்ள விண் கல் விழுந்ததாக வரலாறு குறிப்பிடு கின்றது. 1908-ம் ஆண்டு சூன் 30-ம் தேதி சைபீரியாவில் விண்கல் விழுந்து 30 மைல் ஆரமுள்ள பரப்பை நாசமாக்கியது எனக் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. ஒரு பெரும் விண்கல் வீச்சி ஞல் அரிசோஞவில் 4000′ விட்டமுள்ள பள்ளம் உண்டாகியது என்றும், 150′ உயரத்திற்குப் பள்ளத்தின் மண் வெளியேற்றப் பட்டது என்றும் குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். இந்த மாதிரியான நிகழ்ச்சி அடிக்கடி ஏற்படுவதில்லை.

19. விண்மீன்களின் பேரண்டம்

(The stellar universe)

270. ஞாயிற்றுக் குடும்ப மண்டலத்திற்கப்பால் மிக அகல மான வெற்று வெளிமண்டலம் நிலவுகிறது. அதற்குமப்பால் விண் மீன்கள் இடம் பெற்றுள்ளன. தெளிவானதொரு இரவில் வெற்றுக் கண்ணுக்குச் சுமார் 2000 விண்மீன்கள் புலப்படும். ஆனால் தொலை நோக்கியின்மூலம் பல்லாயிரக்கணக்கான விண்மீன்களைப் பார்க்கலாம். அந்த விண்மீன்களெல்லாம் ஞாயிற்றைப் போன் றவை. அவைகளுள் பல ஞாயிற்றை விடப் பெரியவை. அவைகள் மிகமிகத் தொலைவிலுள்ளதால் உலகிலுள்ள மிகப் பெரிய தொலை நோக்கியின் மூலமாகக் காணும்பொழுது கூட அவை ஒளிப்புள்ளி களாகத் தோன்றுகின்றன. மிக அண்மையிலுள்ள விண்மீனாகிய பிராக்ஸிமா சென்டாரி 4·3 ஒளி ஆண்டுகள் தொலைவு உள்ளது. அதாவது ஞாயிறு இருக்கும் தூரத்தைப்போல 2,60,000 மடங்குகள் ஆகும். சில விண்மீன்கள் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைப் போன்ற குடும்பங்களுள்ளவை.

271. விண்மீன் இயக்கம் (Stellar motion)

பூமிக் கோளத்தின் சுழற்சியின் காரணமாக விண்மீன்கள் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் செல்வதைக் கூறினோம். இந்த இயக் கத்தைத் தவிர விண்மீன்கள் தங்களுக்கென்று தனியான இயக் கத்தையும் பெற்றுள்ளன. அவைகளின் வேகங்கள் நொடிக்கு சில மைல்கள் முதல் சில நூறு மைல்கள் வரை இருக்கின்றன. அவைகள் மிகத் தொலைவிலுள்ளதால் இந்த இயக்கங்கள் நமக்குத் தெரிவதில்லை. ஆகவே பல நூற்றாண்டுகளாக அவைகள் ஒன்றுக் கொன்று தங்களைச் சார்ந்த நிலைகளிலேயே உள்ளவாறு தோன்று கின்றன. அதனால் அவைகளை 'நிலையான விண்மீன்கள்' (fixed stars) எனக் குறிப்பிடுவதுண்டு.

விண்மீனின் இயக்கத்தை இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன (1) பார்வைக் கோட்டின்மேல் இயக்கம்; (2) பார்வைக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தான இயக்கம். பார்வைக் கோட்டின் இயக்க வேகத்தை ஆரை வேகம் (radial velocity) என்பர். இதை விண்மீன்களின் நிறமாலையிலிருந்து டாப்ளரின் கோட்பாட்டைப் (Doppler's principle) பயன்படுத்திக் கணிக்க முடியும். பார்வைக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக இயங்குவதை விண்மீனின் முறையான இயக்கம் (proper motion) எனச் சொல்கிறோம். விண்மீனின் வல ஏற்றம் (R.A.), நடுவரை விலக்கம் (dec.) (ஒளிக்கோட்டம், பின்னகர்ச்சி, அச்சலைவு, பிறழ்ச்சி, ஞாயிற்று மையத் தோற்றப்பிழை போன்ற பிழைகளைத் திருத்திய பின்) ஆகியவைகளைக் கொண்டு முறையான இயக்க வேகத்தைக் காண வேண்டும். இது கோண அளவேயாகும். ஒரு விண்மீனின் ஓராண்டுக் கால முறையான இயக்கம், ஓராண்டில் அது வானக் கோளத்தின்மேல் ஏற்படுத்தும் கோண அளவிற்குச் சமம். இது மிகச் சிறிய அளவையாதலால் விண்மீன்கள் நிலைமாற்றமடைவதாக நமக்குத் தோன்றுவதில்லை.

272. விண்மீன்களின் தொலைவு

விண்மீன்களின் தூரத்தை ஒளியாண்டு அல்லது பார்செக் அளவையில் குறிப்போம். முன்னரே அவைகளின் விளக்கங்களைக் கூறியுள்ளோம். நிறமாலை ஆய்வினால் விண்மீனின் தூரத்தைக் காணலாம்.

273. விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் (Magnitude of stars)

கி. மு. முதல் நூற்றாண்டுக் காலத்தில் வாழ்ந்த கிப்பார்க்கசு (Hipparchus) என்ற வானியல் அறிஞர் முதன்முதலாக விண்மீன்களின் ஓர் ஒளித்தரப் பட்டியலைத் தயாரித்தார். அந்தப் பட்டியலில் 1080 விண்மீன்களைக் குறித்தார். அவைகளை ஒளித்தர வரிசையில் ஆறு பகுதிகளாகப் பிரித்தார். ஒளி மிகுந்தவற்றை முதல்தர விண்மீன்களென்றும் (stars of first magnitude), அடுத்த படியாக ஒளித்தரமுடைய விண்மீன்களை இரண்டாம்தர விண்மீன்களென்றும் (stars of the second magnitude) பிரித்தார். இதேபோல 6 பிரிவுகளாகப் பிரித்தார். 6 வரை ஒளித்தரமுள்ள விண்மீன்களைத்தான் வெற்றுக் கண்களால் பார்க்க முடியும். அதற்கு மேற்பட்ட ஒளித்தரமுடைய விண்மீன்களை வெற்றுக் கண்ணால் பார்க்க முடியாது. கலீலியோ தொலைநோக்கியைக் கொண்டு இன்னும் ஒளித்தரம் குறைந்த விண்மீன்களைக் கண்டார். இப்பொழுது வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் உள்ள கருவிகளைக் கொண்டு 21-ம் தர விண்மீன்களைக் கூடக் காணலாம்.

விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் 1, 2, 3 ... என்ற எண்களால் குறிக்கப்படுகின்றன. விண்மீன்களின் ஒளித் தரத்தை அளப்பது எப்படியென்பதற்கு முதன்முதலாகக் கெர்சல் ஒரு திட்டமான கொள்கையை வகுத்தார். ஒளித்தரம் கூட்டு வரிசையில் (automatic proportion) வளர, வளர, பளபளப்பு பெருக்கு வரிசையில் குறையும் என்பது அவருடைய கொள்கையாகும். இதற்கு அளவு கோலாக அவர் கண்டது முதல்தர விண்மீன்களின் பளப்பளப்பிற்கும், ஆறும்தர விண்மீன்களின் பளபளப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் 100 : 1.

இரு விண்மீன்களின் பளபளப்பு முறையே β_1, β_2 ஆக இருக்கட்டும். அவைகளின் ஒளித் தரங்கள் முறையே m_1, m_2 எனக் கொள்வோம். பெருக்கு வரிசையின் பொது விகிதம் (common ratio) k என்க. கெர்சலின் கொள்கைப்படி

$$\beta_1 \propto \frac{1}{km_1}$$

$$\beta_2 \propto \frac{1}{km_2}$$

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{km_2}{km_1} = k^{m_2 - m_1} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

முதல்தர, ஆறும்தர விண்மீன்களை இதற்குப் பொருத்தினால்,

$$\frac{100}{1} = k^{6-1} = k^5.$$

$$5 \log k = 2.$$

$$\log k = \frac{2}{5}.$$

$$k = \text{anti log}\left(\frac{2}{5}\right)$$

$$= 2{\cdot}5 \text{ (தோராயமாக)}$$

$$\therefore \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = (2{\cdot}5)^{m_2 - m_1}$$

என்ற வாய்பாட்டைப் பெறலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக முதல்தர, இரண்டாம்தர விண்மீன்களை எடுத்துக் கொண்டால்,

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = (2 \cdot 5)^{2-1} = 2 \cdot 5$$

$$\therefore \quad \beta_2 = \frac{\beta_1}{2 \cdot 5} = \cdot 4\, \beta_1$$

ஆகவே முதல்தர ஒளியளவு என்று கொண்டால், இரண்டாம் தர ஒளி அளவு முதல் அளவில் 40% ஆகும்.

k ஐ ஒளி விகிதர் (light ratio) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

$k = 2 \cdot 5$ ஆகிறது.

இந்த முறையில் 'தரம்' கணிப்பதை மிகை, குறை மதிப்பு களுக்கும் விரிவாக்கலாம். விண்மீன்களின் தரம் 0, −1, −2, −3, ... ஆகவும் இருக்கலாம். பூச்சியம் தரம் பெற்ற விண்மீன்களின் பளபளப்பு ஒருபடி அதிகமாகும். குறை மதிப்புகளுக்கும் படிப் படியாக அதிகமாகும் பளபளப்புடைய விண்மீன்களைக் குறிப் பிடலாம்.

273 தோற்ற ஒளித்தரம் (Visual magnitude)

நிழற்படக் கருவி (photometer) கொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட தரமுடைய விண்மீனின் பளபளப்போடு, 'தரம்' தெரியாத விண் மீனின் பளபளப்பு ஒப்பிட்டு, கணிக்கப்படுகின்றது இக் கருவி யைக் கொண்டு ரோகினி என்ற (aldesaram) விண்மீனின் தரத்தை நுட்பமாக 1·06 எனக் கண்டுள்ளார்கள்.

274. ஒளி வரைத்தரம் (Photographic magnitudes)

வெற்றுக் கண்ணுக்கு அரிதாகப் புலப்படும் விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் காண. அவ்விதமான விண்மீன்களை நிழற்படம் எடுத்து, அதனை ஆராய்ந்து, ஒளித் தரத்தைக் கணிக்கின்றனர். நிழற்படத்தில் விண்மீனின் உருவ அளவும், ஒளியளவும் பிரதி பலிக்கப்படுகின்றன இரு விண்மீன்கள் ஒரே ஒளித்தரம் பெற்றிருந் தாலும், வெவ்வேறு நிறமுடையனவானால் நிழற்படத்தில் அவை களின் ஒளியளவில் வேறுபாடு தெரியும். எடுத்துக்காட்டாக நீல நிறமும், சிவப்பு நிறமும் உள்ள இரு விண்மீன்களை எடுத்துக் கொள்வோம் நீல விண்மீன் ஒளி மிகுதியாகவும். சிவப்பு விண்மீன் ஒளி குறைவாகவும் தோன்றுகிறது. நிழற் படத்தட்டு நீலநிறத்தை அதிகமாகவும், சிவப்பு நிறத்தைக் குறைவாகவும் ஏற்றுக்கொள்ளும் தன்மையுடையது. எனவே தோற்ற ஒளித் தரத்திற்கும் ஒளி வரைத் தளத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு, நிற

இவை இரட்டை விண்மீன்கள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக காசுடர் (castor) என்ற விண்மீனும் 61 சைசினி (61 cygini)யும் இரட்டை விண்மீன்கள். முதன்முதலில் இவை பற்றிய சீரான ஆராய்ச்சி கெர்சலால் தொடங்கப்பட்டது. இன்று பல ஆயிரக் கணக்கான இரட்டை விண்மீன்களைப்பற்றி நாமறிவோம்.

இரட்டை விண்மீன்கள் நான்கு வகைப்படும். அவை :

(1) தோற்ற இணை விண்மீன்கள் (Optical doubles)

(2) இயல் இணை விண்மீன்கள் (Real double or binaries)

(3) நிறமாலை இணை விண்மீன்கள் (Spectroscopc binaries)

(4) மறைக்கக்கூடிய இணை விண்மீன்கள் (Eclipsing binaries).

(1) வெற்றுக் கண்களால் பார்க்கும்பொழுது தனியாகத் தோன்றும் சில விண்மீன்கள் தொலைநோக்கி மூலம் பார்க்கும் பொழுது ஒரு மங்கலான இணையுடன் இருப்பதுபோலக் காணப் படுகின்றன. இவைகளைத் தோற்ற இணை விண்மீன்கள் (optical binaries) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். எடுத்துக்காட்டாக காசுடர் (caster) என்ற விண்மீனும் 61 சைசினி (61 cygini) என்ற விண்மீனும் இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை. தோற்றத்திற்கு ஒரு விண்மீன் போல் ஏன் உள்ளது என்றால், இவை இரண்டும் நம் பார்வைக்கு நேர்கோட்டில் அமைந்து ஒன்றுக்கொன்று சிறிது தூரத்தில் இருக்கும். அவ்விரண்டுக்கும் எந்தவிதமான தொடர்போ, இணைப்போ இல்லாமல் இருக்கும். ஆகையால் வெற்றுக் கண்ணுக்கு ஒரே விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும். ஆனால் தொலை நோக்கியின் மூலம் அவை பிரித்துக் காட்டப்படும்.

(2) விண்மீன்கள் ஒரே தூரத்தில் அமைந்து இயற்கையி லேயே இணைக்கப்பட்டு, ஒன்றுக்கொன்று ஈர்க்கப்பட்டு இரண்டும் பொதுவான ஈர்ப்பு மையத்தைச் சுற்றி வரும். இவைகளை இயல் விண்மீன்கள் (real doubles or true binaries) என்கிறோம். சிரியசும் புரோசியானும் (serius and procigan) இந்த வகையைச் சார்ந்தவை.

(3) சில இடங்களில் மங்கலான இரட்டைத் தன்மையைப் பெற்ற இரு விண்மீன்களைத் தொலை நோக்கியின்மூலம் கூடப் பிரித்துக் காண முடியவில்லை. அவற்றின் நிறமாலையை ஆராய்ந்த பின்னர் அவைகளின் இரட்டைத் தன்மையைக் காணமுடியும். எடுத்துக்காட்டாக பெருங்கரடி மண்டலத்திலுள்ள (ursa major)

மிக்சார் (mixar) என்ற விண்மீன் இந்த வகையைச் சேர்ந்தது. இத்தகைய இணை விண்மீன்களை நிறமாலை இணை விண்மீன்கள் (spectroscopic binaries) எனச் சொல்கிறோம்.

இந்த மூன்று வகைகளைத் தவிர மற்றொரு வகையும் உண்டு. அவைகளை மறைக்கக் கூடிய இணை விண்மீன்கள் (eclipsing binaries) என்று குறிப்போம். இவைகளைத் தொலைநோக்கி மூலமாகவோ, நிறமாலைக் கருவி கொண்டோ காண முடியாது. ஆனால் சில தருணங்களில் ஒன்றையொன்று சுற்றி வரும்பொழுது மிக மங்கலான விண்மீன் அதைவிட ஒளிமிக்க விண்மீனை மறைக்கிறது. திடீரென்று ஒளிமிக்க விண்மீன் மங்கலாகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி அவைகளின் இரட்டைத் தன்மையை எடுத்துக்காட்டுகிறது. இவைகளை மறைக்கக் கூடிய விண்மீன்கள் (eclipsing binaries) எனச் சொல்கிறோம். இவ்வகையான இரட்டை விண்மீன்கள் ஏறக்குறைய 300 கண்டுள்ளார்கள். இவற்றுள் மிகப் புகழ்பெற்ற இரட்டை ஆல்கால் (Algol) எனப்படும் அரக்க விண்மீன் (Demas star). இது பெர்சியசு (Persues) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தைச் சார்ந்தது. இதன் ஒளித் தரம் 2·3. இது நிரந்தரமான ஒளித் தரம் அல்ல. இதன் ஒளித் தரக் கால வட்டம் 2^நா 20^ம 49^தி ஆகும். இந்த வகையைச் சேர்ந்த மற்றொரு விண்மீன் β லைரா ஆகும்.

இரட்டை விண்மீன்கள், ஒற்றை விண்மீன்களின் சிதைவால் ஏற்பட்டவை எனக் கருதுகிறார்கள். அடர்த்தி குறைவாக உள்ள மெல்லச் சுழலும் விண்மீன், ஈர்ப்பு விசையில் அகப்பட்டு வேகமாகச் சுழலத் தொடங்கும். அதன் வடிவம் துருவத்தில் தட்டையாகிவிடும். ஏதோ ஒரு நிலையில் பிளவுபட்டு இரட்டை விண்மீனாக மாறும்.

279 மும்மீன்களும், பல் மீன்களும் (Triple and multiple stars)

சில விண்மீன்கள் மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்டவைகளாகக் கூட்டாக இருப்பதை ஆற்றல் மிகுந்த தொலைநோக்கி வாயிலாகக் காண்கிறோம். மூன்று விண்மீன்கள் கூட்டாக இருப்பின், மும்மீன்கள் (triple stars) எனவும், மூன்றுக்கு மேற்பட்ட விண்மீன்கள் கூட்டாக இருப்பின் பல்மீன்கள் (multiple stars) எனவும் குறிக்கிறோம். எடுத்துக்காட்டாக போலாரிசு (Polaris) ஒரு மும்மீனாகும். காசுடர் (Castor) ஒரு பல் மீனாகும்.

280. மாறும் விண்மீன்கள் (Variable stars)

ஆயிரக் கணக்கான விண்மீன்களுக்குத் திட்டமான ஒளித் தன்மை இல்லை. அவைகளின் ஒளித் தன்மை மாறிக் கொண்டே யிருக்கும். இவற்றுள் சில குறிப்பிட்ட கால வட்டங்களில் ஒளி மாறித் தோன்றும். இக்கால வட்டங்கள் நூற்றுக் கணக்கான நாட்களாகவும் இருக்கலாம்; சில மணி நேரமாகவும் இருக்கலாம். மற்றவைத் தாமிச்சைப்போல் ஒளிமாறித் தோன்றும். இவைகளை மாறும் விண்மீன்கள் (variable stars) எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

மாறும் விண்மீன்களில் பற்பல வேறுபாடுகளும், மாறுதல்களும் இருப்பதால் அவைகளைப் பொதுவாக இரண்டு பெரிய பிரிவு களாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) திட்டமான கால வட்டமுள்ளவை.

(ii) திட்டமான கால வட்டமில்லாதவை.

திட்டமான கால வட்டமுள்ளவை என்ற பகுதியை மூன்று உட்பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) (a) மறைக்கக் கூடிய இணை விண்மீன் தொகுப்புகள்.

(b) சிபெய்ட் (Cepheid) மாறிகள்.

(c) நெடுங்கால வட்ட மாறிகள் (Long period variables)

(ii) (a) ஒழுங்கற்ற மாறிகள் (Irregular variables).

(b) புது மீன்கள் அல்லது ஒளிர் மீன்கள் (Noual).

(i) (a) மறைக்கக் கூடிய இணை விண்மீன்களைப் பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம்.

(b) சிபெய்ட் மாறிகள்

இந்த வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் சிஃபியசு (cepheus) என்ற விண்மீன் கூட்டத்தைச் சேர்ந்தவையாகும். இந்த விண் மீன் கூட்டம் பிளெய்ட்சு (pleadies) மண்டலத்திற்கும் காசியோ- பியா விண்மீன் மண்டலத்திற்குமிடையே அமைகிறது. இக் கூட்டத்தின் சிறப்பான எடுத்துக்காட்டாக δ சிஃபெய் (δ cephei) என்ற விண்மீனைக் குறிப்பிடலாம். இதன் ஒளித் தூரம் ஏறக் குறைய 4·3 (*m*) [*m* என்பது தோற்ற ஒளித் தூரத்தைக் குறிக்கும்.] முதல் 3·6 (*m*) வரை ஆகும். இதன் கால வட்டம்

ஏறக்குறைய 5½ நாட்கள் ஆகும். இந்தக் கூட்டத்தில் ஒரு நாளுக்கும் குறைந்த கால வட்டமுடைய விண்மீன்களும், பல நாள் கால வட்டமுடைய விண்மீன்களும் இருக்கின்றன. கால வட்டம் சில மணி நேரமே கொண்ட விண்மீன்கள் திரள் திரளாக இந்த விண்மீன் கூட்டத்திலுண்டு. இத் திரள்களை விண்மீன் திரள் மாறிகள் (cluster variables) எனக் குறிப்பிடுகிறோம். அவை கோள வடிவத்தைப் பெற்றவை ஆகும். இந்தக் கூட்டத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன்களுக்குப் பல பொதுத் தன்மைகள் உண்டு.

அவையாவன :

1. அவை மீப்பெரு விண்மீன்கள் மற்ற மீப்பெரு விண்மீன்களைவிட ஒளித் தரம் மிகுந்தவையாகும்.

2. ஒளித் தர மாற்றத்தில் குறையும் மிகையும் சீராக உள்ளன. மாற்றங்கள் திடீர் திடீரென்று இல்லாமல் தொடர்ச்சியாகவே இருக்கின்றன.

3. ஒளித்தரம் தன் மீப்பெரு மதிப்பை விரைவில் அடையும். ஒளித்தரத்தின் சரிவு சீராகவும், மெதுவாகவும் தான் இருக்கும்.

4. ஒளித்தரம் 1 (m) முதல் 1·5 (m) வரை மாறும்.

5. காலமாக, ஆக விண்மீன் மிகுதியான செம்மை நிறத்தைப் பெற்று, பளபளப்பையும் மிகுதியாகப் பெறும்.

ஒரு சிபெய்டின் தனி ஒளித்தரம் (M)-ம், அதன் கால வட்டத்தின் மடக்கையும் ஒன்றுக்கொன்று ஒருபடித் தொடர்புடையனவாகும். ஒரு விண்மீனின் தனி ஒளித் தரத்தையும், தோற்ற ஒளித் தரத்தையும் ஒப்பிட்டு விண்மீனின் தூரத்தைக் கணக்கிட முடியும், சிபெய்டை வான ஆராய்ச்சியாளரின் திட்ட ஒளி (astronomer's standard candle) எனக் கொண்டுள்ளார்கள்.

(c) நெடுங்கால வட்ட மாறிகள்

பல விண்மீன்கள் 11 நாளுக்குக் குறைந்த கால வட்டங்களும். பல 150 நாட்களுக்கு மேல் 450 நாட்களுக்குட்பட்ட கால வட்டங்களும் பெற்றவை. முன் கூறியவைகளின் எண்ணிக்கை பின் கூறியவற்றைவிட மிகுதியாகும். மரபுப்படி 100 நாட்களுக்கு மேல் காலவட்டமுள்ள விண்மீன்களை 'நெடுங்கால வட்ட மாறிகள்' (long period variables) எனச் சொல்கிறோம், இவை 3 (m) முதல் 8 (m) வரை ஒளித்தரம் பெற்றவை. இந்த வகையைச் சேர்ந்த சிறப்பான எடுத்துக்காட்டு 'மீரா' என்ற வியப்பு மிக்க விண்

மீனும். இதன் காலவட்டம் 330 நாட்கள். இது O-சேட்டி (O-cetie) என்ற விண்மீன் கூட்டத்தைச் சேர்ந்ததாகும். இதற்கு 2 (*m*) முதல் 9 (*m*) வரை ஒளித்தர மாற்றமுண்டு. இதன் துணை 10 (*m*) ஒளித்தரமுள்ள விண்மீன் ஒன்றாகும்.

(ii) (a) **ஒழுங்கற்ற மாறிகள்** (Irregular variables)

இவை திட்டமான காலவட்டம் இல்லாத வகையைச் சேர்ந்தவை. இவைகளின் ஒளித்தர மாற்றம் ஒழுங்கற்றது. ஆகவே இவைகளை ஒழுங்கற்ற மாறிகள் எனக் குறிப்பிடுகிறோம். சிறிய எல்லைக்குள்தான் இவைகளின் ஒளித்தரம் மாறும். 13 (*m*) முதல் 9·5 (*m*) வரை மாறும். இவைகளுள் பெரும்பாலானவை பெரிய உருவத்தைப் பெற்று செம்மை நிறத்துடன் இருப்பவையாகும். இவைகளின் அடர்த்தி மிகக் குறைவு. இந்த வகையின் சிறப்பு எடுத்துக்காட்டு. α ஓரியானசு (α-orionis) ஆகும்.

(b) **ஒளிர் மீன்கள்** (Nova)

இவைகளைப் புது மீன்கள் (new stars) எனவும் குறிப்பிடுவோம். முதலில் மங்கலாகக் கண்ணுக்குத் தெரியாமல் இருந்து, திடீரென்று ஒளிமிகுந்து ஓர் ஒளி மின்னி போல் காட்சியளிக்கும். மீன் வகைகளைப் 'புது மீன்கள்' அல்லது 'ஒளிர் மீன்கள்' எனக் குறிப்பிடுகிறோம். இவைகளின் திடீர் தோற்றத்தில் 10 (*m*) முதல் 15 (*m*) வரை ஒளித்தரம் மாறும். அதாவது 10^4 முதல் 10^6 மடங்கு வரை ஒளி பெருகும். கி. மு. 134-ம் ஆண்டிலேயே கிப்பாகரசு இவற்றைப் பற்றிய குறிப்புகளைத் தந்துள்ளார். கி. பி. 1572-ம் ஆண்டில் நவம்பர் 7-ம் தேதி இவ்வகையான ஒரு விண்மீன் காட்சியளித்தது. ஓரிரண்டு நாட்களில் வெள்ளியைப்போல் பளபளப்பைப் பெற்று பகலிலேயே தெரியவும் செய்தது. 15 மாதங்களுக்கு வெற்றுக் கண்களுக்குத் தெரிந்த பின்னர் ஒளி மங்கிற்று. இதற்குக் காசியோபியா (cassiopheio Nova) அல்லது 'டைகோவின் விண்மீன்' எனப் பெயரிடப்பட்டது. கி. பி. 1604-ம் ஆண்டில் கெப்ளருக்கு இவ்வகையைச் சேர்ந்த மற்றொரு விண்மீன் காட்சியளித்தது. அதற்குக் கெப்ளரின் ஒளிர் மீன் (Keplar's Nova) எனப் பெயரிடப்பட்டது. இவை அண்டத்திற்குப் பக்கத்தில் அமைகின்றன; அண்ட நடுவரைக்கு 10° தொலைவிலிருந்து 20°-க்குள்ளாக அமைந்துள்ளன. இவ்வகைப்பட்ட ஒளிர்மீன்களில் சிறப்பு பெற்ற சிலவற்றைப் பற்றிக் கூறுவோம்.

(1) அகுலே ஒளிர் மீன் (Nova agulae)

இது கி. பி. 1918-ம் ஆண்டு காட்சியளித்தது. இதன் ஒளித் தூரம் முதன்முதலில் 11 ஆகவிருந்து திடீர் வெடிப்பில் —1·1 ஆக மாறியது. சிரியசு விண்மீனின் ஒளித் தன்மையை விடப் பளப்பளப்பு பெற்றது.

(2) சைசினி ஒளிர் மீன் (Nova cysini)

இது 1920-ம் ஆண்டில் காட்சியளித்தது. இதன் ஒளித் தரம் முதன்முதலில் 15 ஆக இருந்து வெடிப்பிற்குப் பின் 3·7 ஆக மாறியது.

(3) பிக்டோரிசு ஒளிர் மீன் (Nova pictories)

இது 1925-ம் ஆண்டில் காட்சியளித்தது. இதன் மீப்பெரு ஒளித் தரம் 1·2 ஆக மாறியிருந்தது.

281. மீப்பெரு ஒளிர் மீன்கள் (Super novas)

முன்னால் கூறப்பட்ட டைகோ ஒளிர் மீனும், கெப்ளரின் ஒளிர் மீனும் மிகப் பெரியவை. தற்காலிகமாக டைகோ ஒளிர் மீனின் ஒளி 9×10^8 மடங்கு பெருகியது. கெப்ளரின் ஒளிர் மீனின் ஒளி 10^8 மடங்கு மிகுதியாயிற்று. இவை மீப்பெரு ஒளிர் மீன்களாகும். நாம் வாழும் பால் வழிமண்டலத்திற்கப்பால் இவ்வித விண்மீன்கள் பல உண்டென நமக்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன.

282. விண்மீன் கொத்துகள் அல்லது விண்மீன் திரள்கள் (Star clusters)

வானத்தில் பல பகுதிகளில் விண்மீன் திரள்களைப் பார்க்கிறோம். இவைகளை மூன்று பெரும் பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) நகரும் திரள்கள் (Moving clusters)

(ii) திறந்த வெளித் திரள்கள் (Open clusters)

(iii) கோளவடிவத் திரள்கள் (Globular clusters)

(i) நகரும் திரள்கள்

இவை யாவும் ஒன்றோடொன்று இணைந்திருப்பதாகத் தோன்றும். இவை இணை பிரியாது நகர்வதைக் கண்டே இத் திரள்களை அறியலாம். பெருங்கரடி மண்டலத்திலுள்ள விண் மீன்கள் (ursa major) இவ்வகையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

(ii) திறந்த வெளித் திரள்கள்

நகரும் திரள்களைப் போலவே இவைகள் அமைப்பு பெற்றவை. விண் மீன்கள் மிக நெருக்கமாக இருக்கும். ஒவ்வொரு திரளிலும் பொதுவாக 100 விண் மீன்களாவது கூடியிருக்கும். கிருத்திகை (pleades), கயேட்சு (hyades) [அதாவது காளைத் திரள்கள் (Taures clusters)] ஆகியவை இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை. இவைகள் வெற்றுக் கண்ணுக்கும், சிறு தொலைநோக்கியின் மூலமாகவும் நன்கு தெரியும். இவைகளைத் திறந்த வெளித் திரள்கள் எனச் சொல்கிறோம். இவை யாவும் அண்டை நடுவரைக்குப் பக்கத்தில் அமைந்துள்ளன. இதுவரை இந்த வகையைச் சார்ந்த 250 விண்மீன் திரள்கள் நம் பார்வைக்கு எட்டியுள்ளன.

(iii) கோள வடிவத் திரள்கள்

இவை ஆயிரக் கணக்கில் திரள் திரளாகக் காட்சியளிக்கும். பெரும்பான்மையானவை மங்கலாக இருக்கும். இவை ஒரு கோள வடிவத்தில் அமைந்திருப்பது போலத் தோன்றும். அதனால்தான் இப் பெயரைச் சூட்டியுள்ளார்கள். இவை கோளமையத்தில் அடர்த்தியாகவும், வரம்பில் அடர்த்தி குறைந்தும் இருக்கும். இந்த வகையைச் சேர்ந்த திரள்களைக் கணக்கிலே கொண்டுள்ளோம். இவற்றுள் மிக ஒளியுள்ள திரள் ω சென்டாரை (ω centauri) ஆகும். இத் திரளின் ஒளித்தரம் 4 (*m*) ஆகும். இது கேலியால் (Halley), 1677 ஆம் ஆண்டில் கண்டு பிடிக்கப் பட்டது. இத்திரள் 7000 பார்செக்குகள் தூரத்தில் உள்ளது. அதாவது 22,000 ஒளியாண்டுகள் தொலைவிலுள்ளது.

283. மீன் மேகங்கள் (Star clouds)

இவை வானவெளியில் கண்ணுக்குத் தெரியும். விண்மீன் படலங்கள் பல்லாயிரக் கணக்கான மங்கலான மிகச் சிறு விண்மீன்களைக் கொண்ட கூட்டமாகும். சில் ஆவி மிகுந்த ஒண் முகிற் படலம் ஆகும். ஆற்றல் மிகுந்த தொலை நோக்கியின் மூலம்தான் இத் துகள்களைக் காண முடியும். இவை பால் வழிக்கு அருகில் உள்ளன. டொராடோ (dorado) விண்மீன் கூட்டத்தைச் சேர்ந்த மேகல்லானிக் (magallanic) மேகங்கள் அல்லது முகில்கள் வானில் வியப்பூட்டுபவையாகும்.

284. அண்டம் அல்லது பால்வழி (The galaxy or the milky way)

திங்களில்லாத, முகில் மண்டலங்கள் சூழாத ஒரு நள்ளிரவில் நாம் வானத்தைப் பார்ப்போமானால், சீரான வெள்ளொளியொன்று

பரந்திருப்பதைக் காணலாம். நாள்தோறும் இக் காட்சியை நாம் காண முடியும். ஆனல் சில நாட்களில் இக் காட்சி பளபளப்பு மிகுந்ததாகவும், சில நாட்களில் ஒரு சிறு வெண்பட்டை வானில் விரித்திருப்பதைப் போலவும் தோன்றும். இந்த வெள்ளொளியிலே பலகோடிக் கணக்கான விண்மீன்கள் திரள் திரளாக இருக்கின்றன. இந்த வெள்ளொளிக்குப் பால்வழி அல்லது அண்டம் (milky way or the galaxy) எனப் பெயரிட்டுள்ளோம். இது பழம் புராணங்களில் ஆகாய கங்கை என்றும், சப்பானிய விண்வெளி ஆராய்ச்சியாளர்களால்' விண்ணக வெள்ளியாறு' (silver river of the heaven) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

இப் பால்வழி வட வானத்தில் வட துருவத்திற்கு 30° அளவில் சாய்ந்து, காசியோப்பியா, பெர்யசு, ஆரிகா (Auriga) காளையின் (Taurus) இரு கொம்புகள் வழியாகச் சென்று ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையைக் கடந்து பிறகு ஆரியன் (Orian), ஜெமினி (Gemini) மோஞசிரசு (Mano cerus), ஆர்கே (Argo), கிரகிசு (Grux) வழியாகச் சென்டாரின் (Centaur) பாதைகளை வெட்டிச் செல்கிறது. இங்கே இது இரு பிரிவுகளாகப் பிரிகிறது. ஒளி மிகுந்த பகுதி (Ara), விருச்சிகம் (scorpus), தனசு (sagi harus), ஆகுலா (Agula) வழியாகச் சிக்னசு வரைச் சென்று மற்ருெரு பகுதியுடன் இணைகிறது.

நாம் வாழும் புவி ஞாயிற்றைச் சுற்றி வரும் கோள்களில் ஒன்ருகும். ஞாயிருே இப்பால் வழியில் அமைந்திருக்கும் பல கோடி விண் மீன்களில் ஒன்ருகும்! இந்தப் பால் வழியின் நடுவரையை நாம் வானக் கோளத்தின் மேல் வரைந்தால் அது வான நடுவரைக்கு 63° சாய்வில் அமையும் ஒரு பெரு வட்டமாகும். பால் வழி நடுவரை (milky way's equator) வான நடுவரையை (eclestial equator) ஆக்விலா விண்மீன் கூட்டத்திற்கருகில் தெற்கிலிருந்து வடக்காகச் செல்கையில் கடக்கும். பால்வழித் துருவங்கள் (galactic poles) கோமா பெர்னிசு (coma berinecus) சுகல்ப்டர் (sculptor) விண்மீன் கூட்டங்களில் அமைந்துள்ளன. அவைகளின் வல ஏற்றம் 1^{ம} 40$^{நி}$, நடுவரை விலக்கம் 22°, வல ஏற்றம் 0^{ம} 40$^{நி}$, நடுவரை விலக்கம் — 28° முறையே ஆகும்.

ஆரியன் என்ற விண்மீன் தொகுப்பிற்கும் கானிசு மைனர் (Canis Minor) என்ற விண்மீன் கூட்டத்திற்குமிடையில் இப்பால் வழி 45° அகலம் கொண்டு பல கோடி விண்மீன்களால் நிரப்பப் பட்டிருக்கின்றது. ஆனல் சில இடங்களின் இதன் அகலம் 3°

அல்லது 4° தான் உள்ளது. இப்பால் வழியின் மிக அடர்த்தியான பகுதி விருச்சிகம் விண்மீன் தொகுப்பில் உள்ளது.

இப்பால் வழி மண்டலம் பன் ரொட்டி (bun bread) உருவத்தில் உள்ளது. நடுவரை வட்டத்தின் விட்டம் 30,000 பார்செக்குகள். துருவங்களின் வழியாகச் செல்லும் விட்டம் 5,000 பார்செக்குகள் நீளமுடையது. நாம் வாழும் ஞாயிற்றுக் குடும்ப மையத்திலிருந்து 8,000 பார்செக்குகள் தூரத்தில் அமைகிறது.

285 பேரண்டம் (The Universe)

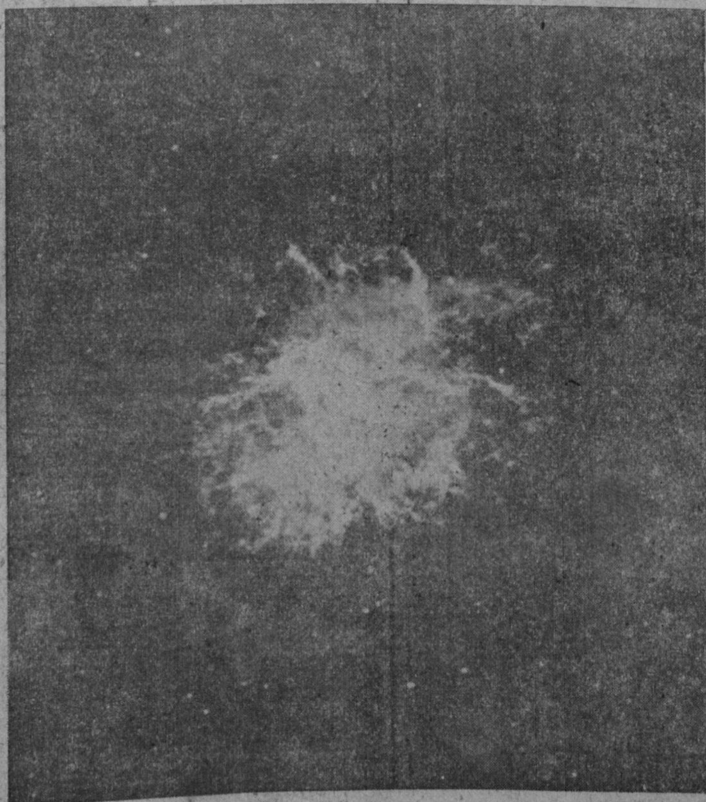
பேரண்டத்தில் நம் அண்டத்தைப் போலக் கோடிக் கணக்கான அண்டங்கள் உள்ளன. இப் பேரண்டம் முதலில் ஒரு மீப்பெரும் ஆவி (நீரக ஆவி-hydrogen) மயமாக இருந்ததென்றும், காலப் போக்கில் தனித்தனி அண்டங்கள் இப் பேரண்டத்தில் தோன்றின என்றும் கருதுகிறார்கள். ஒவ்வோர் அண்டத்திலும் பல கோடிக் கணக்கான விண்மீன்களும் உள்ளன எனவும் ஓர் அண்டத்திற்கும், மற்றோர் அண்டத்திற்குமிடையே வெற்றுப் பெருவெளி உண்டெனவும் கண்டுள்ளார்கள். இன்றைய வானியல் ஆராய்ச்சியின் பயனாகப் பேரண்டத்தில் குவிந்திருக்கும் பல்வேறு அண்டங்களைப் பிரித்து அவைகளுக்குத் தனித் தனியாகப் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றது.

நாமிருக்கும் அண்டத்தை 'லோக்கல் பிரிவு' எனச் சொல்கிறார்கள். இப் பிரிவின் நீளம் 60,000 பார்செக்குகள். இது 2000×10^6 ஆண்டுகள் கால வட்டத்தில் சுழல்கின்றன. நம் அண்டத்திற்கப்பாலுள்ள *M3*; *M33*; ... போன்ற 16 அண்டங்களை லோக்கல் பிரிவில் சேர்த்துள்ளார்கள். லோக்கல் பிரிவைப் போல் 'கோமாப் பிரிவு' (Coma cluster), கொரோனு போரியாலசு பிரிவு (Corono Borealis), ஹைட்ரோ பிரிவு (Hydro) எனப் பல பிரிவுகள் உள்ளன.

286. நெபுலங்கள் அல்லது ஒண் முகிற் படலங்கள் (Nebulae)

ஒரு கோளை ஒரு தொலைநோக்கி ஒரு பெரிய வட்டத் தகடாகக் காட்டும். 60 மடங்கு பெரிதுபடுத்தும் ஒரு தொலை நோக்கியில் கண்ணுக்கு வில்லை, வியாழனைத் திங்கள் தட்டு அளவு பெரிதாகக் காட்டும். ஆனால் ஒரு விண்மீனை ஓர் ஒளிப் புள்ளிக்குமேல் பெரிதாகக் காண முடியாது. விண்மீன்களில் பெரும்பாலானவை வியாழனைப் விடப் பெரியனவாகும். அதிகத் தொலைவிலுள்ள காரணத்தினால் அவைகளை ஒளிப் புள்ளிகளாகத்தான் காண முடியும்

இருந்தாலும் ஒளிப் புள்ளிகளாகக் காணப்படும் விண்மீன்களைத் தவிர, இன்னும் பெரிதாகக் காணக் கூடிய பல வானப் பொருள்களைத் தொலைநோக்கி நமக்குக் காட்டுகிறது. கோள்களையும் திங்களையும் தவிர, மற்றவையெல்லாம் மங்கியனவாகவும், குழம்பியனவாகவும் காணப்படுகின்றன. பொதுப்படையாக இவைகளுக்கு நெபுலங்கள் அல்லது ஒண் முகிற் படலங்கள் எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். வானியல் ஆராய்ச்சியின் விளைவாக இவைகளை மூன்று வகைகளாகப் பிரித்துள்ளார்கள் :



படம் 182.

(i) பரந்த ஒண்முகிற் படலம் (Diffuse Nebulae).

(ii) இருண்ட ஒண் முகிற் படலம் (Dark Nebulae).

(iii) கோள் ஒண்முகிற் படலம் (Planetary Nebulae).

(i) பரந்த ஒண்முகிற் படலம் (Diffuse Nebulae)

இது பால் வழியிலுள்ளது. பரந்த முகில் போல மங்கலான ஒளியோடு திட்டு திட்டாகக் காணப்படும். இவற்றைத் தனித் தனி விண்மீன்களாகப் பிரித்துக் காண முடியாது. சூரியன் மண்டலத்திலுள்ள ஒண்முகிற் படலம் (great Nebulae in orion) மிகப் புகழ்பெற்ற ஒண்முகிற் படலமாகும். அவை பலவித உருவங்களுடன் தோற்றமளிப்பதால் உருவ அமைப்புகளையொட்டி அவைகளுக்குப் பெயரிட்டுள்ளனர். டம்பெல் ஒண்முகிற் படலம் (dumb bell nebulae), நண்டு ஒண்முகிற் படலம் (crab Nebulae), சாவிக் குழி ஒண்முகிற் படலம் (Key here Nebulae) என்பவை இவற்றுள் சிலவாகும்.

ஒண்முகிற் படலங்கள் தன்னொளி பெற்றவை அல்ல. அருகிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளியைப்பெற்று பிரதிபலிக்கின்றன. ஆகவே அவ்விண் மீன்களின் தொலைவைக் கொண்டு ஒண்முகிற் படலங்களின் தொலைவைக் கணித்துள்ளனர்.

(ii) இருண்ட ஒண்முகிற் படலங்கள் (Dark Nebulae)

பால் வெளியில் சில இடங்கள் இருளடைந்து இருப்பதைக் காண்கிறோம். அந்த இடங்களில் விண்மீன்கள் மிகமிகக் குறைவு. இம்மாதிரியான பல இடங்கள் பால் வழியில் உள்ளன. பர்னர்ட் என்ற வானியல் விஞ்ஞானி சுமார் 182 இடங்களைக் கண்டுள்ளார். இவை இரண்டு முகிற் படலங்களாகத் தோன்றுகின்றன. இவற்றை இருண்ட ஒண்முகிற் படலங்கள் (dark nebulae) எனக் குறிப்பிடுகிறார். இவ்விதமான இருண்ட பகுதிகள் டாரசு, சூரியன், ஆபியூரசு, விருச்சிகம் முதலிய விண்மீன் தொகுப்புகளில் காணப்படுகின்றன.

மிகப் புகழ்பெற்ற இருண்ட நுண்முகிற் படலம் சிலுவை விண்மீனுக்கு (south cross) அருகில் உள்ளது. இதற்குக் கரிச்சாக்கு (coal sack) என்ற பெயரைச் சூட்டியுள்ளார்கள். இதை வெற்றுக் கண்ணால் பார்க்க முடியும். விருச்சிகத்திலுள்ள மெச்சயர் 8 (Nebulae Messier 8 in sagi Harus) மற்றோர் இருண்ட ஒண்முகிற் படலமாகும்.

(ii) கோள் ஒண்முகிற் படலங்கள் (Planetary Nebulae)

முதன்முதலில் இவற்றைக் கண்டவர் கெர்சல் என்ற வானியல் விஞ்ஞானியாவார். மற்ற ஒண்முகிற் படலங்களின் தன்மையுடன் கோள்களைப்போல் தனிப்பட்ட பரிமாணங்களில் வட்டத் தகடு



படம் 183.

கரிச்சாக்கு நெபுலம் (Coal sack)

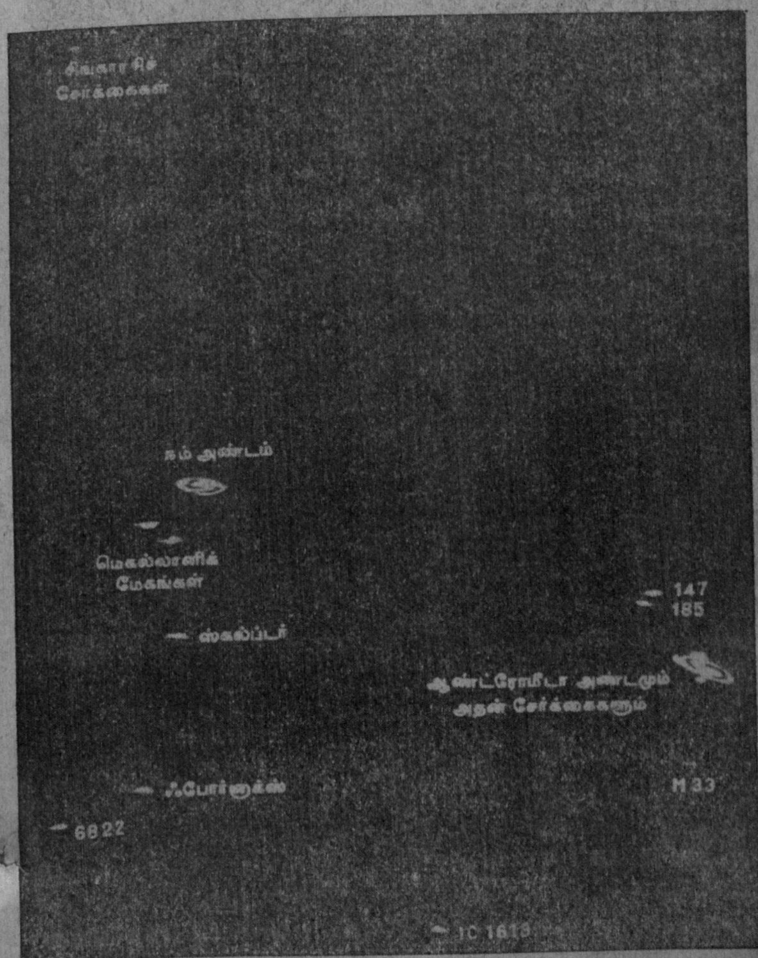
களாக இவை காணப்படுகின்றன. மற்றபடி கோள்களின் தன்மை ஒன்றும் இவைகளுக்குக் கிடையாது. இந்த மாதிரியான ஒண்முகிற் படலங்கள் சில நூறு அளவில்தான் நமக்குத் தெரியும். ஒவ்வொர் ஒண்முகிற் படலத்திலும் மையத்தில் மங்கலான விண்மீன் இருக்கலாமென நம்பப்படுகின்றது. புகழ் வாய்ந்த சில கோள் ஒண்முகிற் படலங்களாவன;

(i) அண்டரமீடாவில் (andrɔ meda) உள்ள பெரிய ஒண்முகிற் படலம்.

(ii) லைரா (lyra) வில் உள்ள வளைய ஒண்முகிற் படலர்.

(iii) பெருங்கரடி மண்டலத்திலுள்ள (ursa major) ஆந்தை ஒண்முகிற் படலம்

288. அண்டத்திற்கப்பாற்பட்ட ஒண்முகிற் படலங்கள் (Extra galactic nebulae)



படம் 183A.

பால்வழிக்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களில் பற்பல ஒண்முகிற் படலங்கள் உள்ளன. இவற்றுள் பெரும்பாலானவை சுருள் ஒண்முகிற் படலங்கள் (spiral nebulae). இவைகளின் எண்ணிக்கை 108 அளவில் இருக்கலாமென மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள். இவைகளுள் பல சிறியவை; ஒளி மங்கலானவை; வெகு தூரத்திலுள்ளவை. அவைகளை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) ஒழுங்கற்ற ஒண்முகிற் படலங்கள் (Irregular nebulae)

(ii) ஒழுங்கான ஒண்முகிற் படலங்கள் (Regular nebulae).

(i) ஒழுங்கற்ற ஒண்முகிற் படலங்கள்

இந்த வகையைச் சேர்ந்த ஒண்முகிற் படலங்கள் திட்டமான உருவத்தைப் பெற்றவை அல்ல. மெகல்லானிக் முகில்கள் (megallanic clouds) இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை. இம்முகில்கள் பால்வழியின் தென்புறத்திலிருந்து பிய்த்தெடுக்கப்பட்ட இரண்டு பகுதிகள் போலத் தோற்றமளிக்கும். இம்முகில்களுடைய இரு பகுதிகளுக்குச் 'சிறுமுகில்' (the small cloud), பெருமுகில் (the large cloud) என்றும் பெயரிட்டுள்ளனர். சிறுமுகில் டுகானோ (Tucano) மண்டலத்திலும், பெருமுகில் டொராடோ (Torado) மண்டலத்திலும் உள்ளன. இம் முகில்கள் 1,50,000 ஒளியாண்டுகள் தொலைவிற்கப்பால் உள்ளன. அவைகளின் விட்டங்களின் அளவுகள் முறையே 25,000 ஒளியாண்டுகளும், 32,000 ஒளியாண்டுகளும் ஆகும். வானொலி வானியல் ஆராய்ச்சியின் பயனாக இம் முகில்கள் சுழல்வதாகக் கண்டுள்ளார்கள்.

(ii) ஒழுங்கான ஒண்முகிற் படலங்கள்

இவை திட்டமான உருவம் பெற்றுள்ளன. அவை

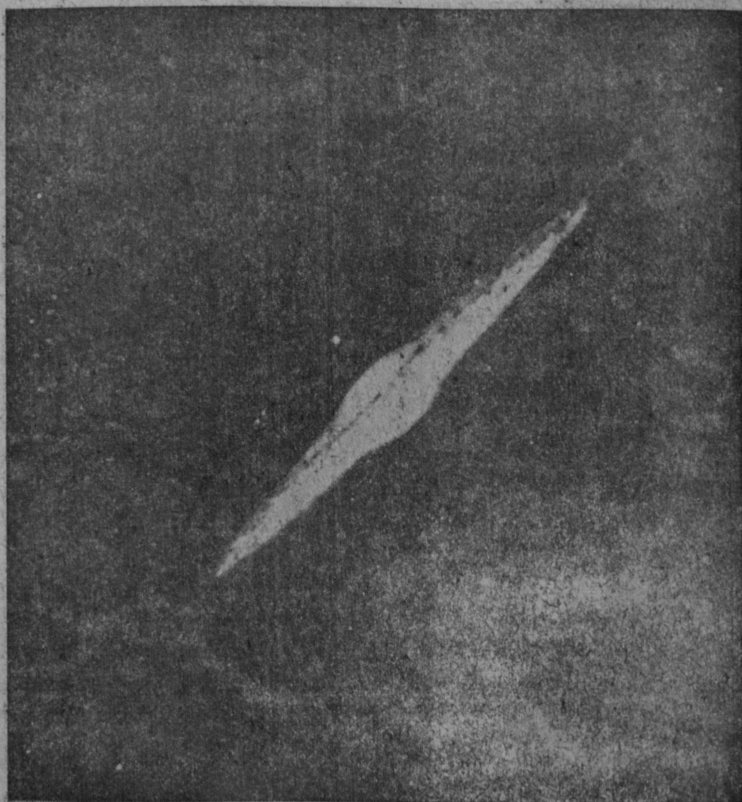
(i) நீள்வட்ட ஒண்முகிற் படலங்கள்

(ii) சுருள் ஒண்முகிற் படலங்கள்

(iii) குறுக்குக் கப்பியுடைய சுருள் ஒண்முகிற் படலங்கள் என மூன்று வகைப்படும்.

(i) நீள்வட்ட ஒண்முகிற் படலங்கள்

இவை ஏறக்குறைய வட்ட வடிவம் அல்லது நீள் வட்ட வடிவம் பெற்றவை. இவை உட்கரு ஒன்றையுடையதாக நம்பப்படுகிறது. கன்னியிலும் (Virgo), செக்சுடான்சிலும் (Sextanus) இந்த வடிவமுள்ள ஒண் முகிற் படலங்களைப் பார்க்கலாம்.



படம் 184.

(ii) சுருள் ஒண்முகிற் படலங்கள்

பெரும்பாலாக அண்டத்திற்கப்பாற்பட்ட ஒண் முகிற் படலங்கள் இந்த வகையைச் சேர்ந்தவையாகும். இவை தட்டையாக ஒரு மைய உட் கருவைக் கொண்டு, மைய உட் கருவிற்கு இரு பக்கங்களிலும் கைகளை நீட்டியிருப்பது போலக் காட்சியளிக்கின்றன. நீண்ட கைகளில் பல விண்மீன்கள் பொருந்தியிருப்பது போலக் காணப்படுகின்றன. இவை வெண்ணிறமானவை. சில பச்சை நிறமாகவும் உள்ளன. வெற்றுக் கண்ணால் ஆண்டிரோமிடாவிலுள்ள பெரு ஒண்முகிற் படலத்தைக் காணலாம். இது ஒரு சுருள் ஒண் முகிற் படலமாகும். தொலை நோக்கியில் இலட்சத்திற்கு மேற்பட்ட சுருள் ஒண் முகிற் படலங்களைக் காண முடியும்.



படம் 185

(iii) குறுக்குக் கம்பியுடைய ஒண்முகிற் படலங்கள்

இந்த வகையான ஒண் முகிற்படலங்களின் கைகள் உட்கருவிலிருந்து நேரடியாக வெளிச் செல்வதில்லை. ஆனால் ஒண் முகிற் படலத்தின் ஒளிப் பகுதியின் எதிர் முனையிலிருந்து வெளிச் செல்கின்றன. கேனசு வெனடிகியிலுள்ள (canes venadici) ஒண்முகிற் படலம் இந்த வகையைச் சார்ந்தது ஆகும்.

20. வான ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படும் கருவிகள்

(The Astronomical Instruments)

294. வானியல் கடிகாரம் அல்லது மீன் வழிக் கடிகாரம் (The Astronomical or sideral clock)

இந்தக் கடிகாரம் நடைமுறைக் கடிகாரம் போன்றதுதான். தட்பவெப்ப நிலை மாறுதல்களால் ஏற்படும் விளைவுகளைக் குறைக்கும் வகையில் துத்தநாகம். எஃகு கலப்பட உலோகத்தால் செய்த ஊசல்கள் உடையதாகும். மேலும் இக் கடிகாரத்தைப் பூமிக்குக் கீழ் ஒரு குகை போன்ற அறையில் வைத்துள்ளார்கள்.

இக் கடிகாரம் மீன்வழி நேரம் காட்டுவதற்கென அமைக்கப் பட்டது. இக் கடிகாரம் 0 மணி முதல் 24 மணி வரையில் காலத்தைக் காட்டும். கடிகார முகப்பு 0 முதல் 24 வரையுள்ள எண்களைத் தாங்கியுள்ளது. மேட முதற் புள்ளி (♈) உச்சியைக் கடக்கும் பொழுது இக் கடிகாரம் $0^{ம.} 0^{நி.} 0^{வி}$ காட்டும். மறுபடியும் உச்சியைக் கடக்கும் பொழுது $24^{ம.} 0^{நி.} 0^{வி.}$ காட்டும். இந்தக் கால அளவை மீன்வழி நாள் எனச் சொல்கிறோம்.

60 மீன்வழி விநாடிகள் = 1 மீன்வழி நிமிடம்

60 மீன்வழி நிமிடங்கள் = 1 மீன்வழி மணி

24 மீன்வழி மணிகள் = 1 மீன்வழி நாள்.

பூமி ஞாயிற்றைச் சுற்றி விண்மீன்கள் பின்னணியில் ஒரு முழுச் சுற்று சுற்றி வரக் கூடிய காலத்தை ஒரு மீன்வழி ஆண்டு எனச் சொல்கிறோம்.

ஒரு மீன் வழி நாள் நடைமுறைக் கடிகார நேரத்தில் (சராசரி ஞாயிற்று வழி நேரத்தில்) 1436·56 நிமிடங்களுக்குச் சமமாகும். ஆகவே மீன் வழி நேரம் ஒரு நாளில் நடைமுறைக் கடிகார நேரத்தை விட 4 நிமிடங்கள் அதிகமாக ஓடும். நடைமுறைக் கடிகாரத்தில் ஓர் அரை அளவுக் காலம் அரை வினடிக் காலமாகும். ஆனல் மீன் வழிக் கடிகாரத்தில் ஓர் அலவுக் காலம் ஒரு வினடியாகும். '$t = \alpha + h$' என்ற வாய்பாட்டை நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம். இதன்படி ஒரு விண்மீன் உச்சியைக் கடக்கும் பொழுது இக் கடிகாரம் காட்டும் நேரம் விண்மீனின் வல ஏற்றமாகும். அந்தத் தருணத்தில் γ இதன் நேரக் கோணமாகும்.

நடைமுறைக் கடிகாரங்களில் ஏற்படுவது போல் இக் கடிகாரத்திலும் பிழைகள் ஏற்படலாம். இப் பிழைகளை அறிந்து திருத்த வேண்டும். அப்பொழுதுதான் சரியான நேரத்தை அறிய முடியும்.

295. கிரோனு மீட்டர் அல்லது கிரீனிச் கடிகாரம் (Chronometer)

கிரோனு மீட்டர் எனப்படும் இக் கடிகாரம் மிக நுட்பமாகச் செய்யப்பட்டுள்ளது. இது கிரீனிச் காலத்தைக் காட்டும். தட்ப வெப்பநிலை மாறுதல்களால் பாதிக்கப்படாத வகையில் இதன் அமைப்பு உள்ளது. கப்பல் மாலுமிகளுக்கு இக் கடிகாரம் இன்றியமையாதது. மாலுமிகள் தாங்கள் இருக்குமிடத்தை அறிய இக் கடிகாரத்தைப் பயன்படுத்துகிருர்கள். இக் கடிகாரம் அசையாமல் ஆடாமல் இருக்க 'கிப்பால்' என்ற ஒரு திடமான அச்சின் மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

கிரோனு மீட்டரை 'ஆரிசன்' என்பவர் முதன் முதலாகக் கண்டுபிடித்துப் பயன்படுத்திஞர். இக் கடிகாரம் கிரீனிச்சில் (0° நெட்டாங்குள்ள இடத்தில்) உள்ள நேரத்தைக் குறிக்கும்.

இக் கடிகாரத்தில் ஏற்படும் பிழைகளைத் திருத்த மாலுமிகள் தங்கள் கப்பல்களில் 3 அல்லது 4 கடிகாரங்கள் வைத்திருப்பார்கள். அவைகளின் நேரங்களின் சராசரியை எடுத்துக் கொள்வார்கள்.

296. நாழிகைக் கோல் (The sun dial)

தோற்ற ஞாயிற்று நேரத்தைக் (apparent solar time) காட்டும் கருவியை நாழிகைக் கோல் எனச் சொல்கிருேம். இது இரண்டு வகைப்படும்.

1. இடைநிலை நாழிகைக் கோல் (Horizontal sun dial).
2. ஒரு வரைத்தள நாழிகைக் கோல் (Equatorial sun dial).

(i) இடைநிலை நாழிகைக் கோல்

படம் 191.

கிடைத் தளத்தில் NS_0 ஒரு பெரிய வட்டத் தகடாகும். இது அளவுக் கூறுகளைக் காட்டப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. S_0, N தெற்கு, வடக்குத்திசைகள். O, தட்டின் மையம். இடத்தின் அகலாங்கு ϕ ஆகட்டும். O-ல் அகலாங்களவு சாய்வில் OA என்ற கோலை நட்டுள்ளார்கள். OA வடதுருவத்தை நோக்கியுள்ளது. ஞாயிறு உச்சியைக் கடக்கையில் கோலின் நிழல் ON-ல் விழும். ஞாயிறு உச்சியைக் கடந்து $\bigcirc a$ என்ற நிலைக்கு வருகையில் கோலின் நிழல் வலஞ்சுழியாகச் சுழலும். கோலின்நிழல் $\bigcirc a$-ல் ஞாயிறு இருக்கும்பொழுது OA ஆக விருக்கும். $Z\hat{P}\bigcirc a = h$ (ஞாயிற்றின் நேரக் கோணம்). $N\hat{\bigcirc} a = \theta$ என்க. கோணம் $N\hat{P}A = h$ ஆகும்.

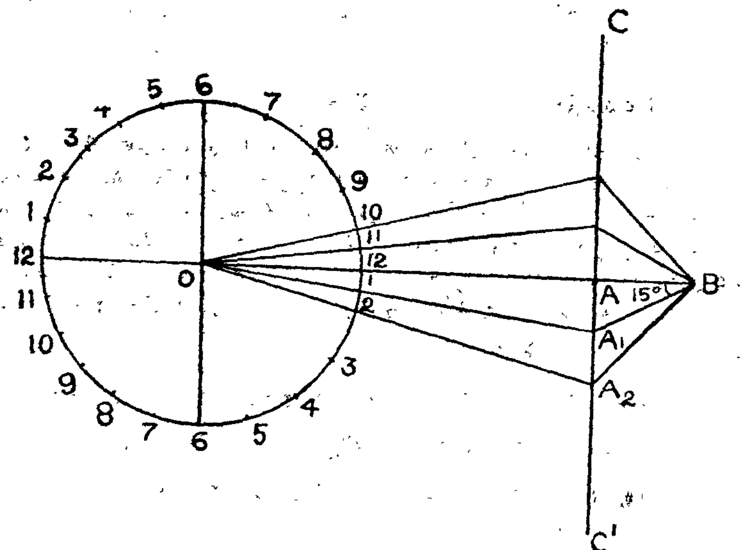
$$NP = \phi; \quad \therefore \quad \sin\phi = \tan\theta \cot h.$$

θ ஐ அளக்கலாம். ϕ நமக்குத் தெரியும். h ஐக் கண்டு பிடிக்கலாம். h தெரிந்த பிறகு தோற்ற ஞாயிற்று நேரத்தைக் கணக்கிடலாம். இதுவே நாழிகைக் கோலின் கொள்கையாகும்.

அளவுக்கூறுத் தட்டு

நாழிகைக்கோல் அமைக்கும் முறையை விளக்குவோம். ஓர் இடத்தின் அகலாங்கு ϕ எனக் கொள்வோம். நாழிகைக் கோலின் அடியை மையமாகக் கொண்டு கிடைத்தளத்தில் ஒரு வட்டம் வரைய வேண்டும். படத்தில் கோலின் அடி O ஆகும். ஞாயிறு

உச்சியைக் கடக்கும் நேரத்தில் நாழிகைக் கோலின் நிழல் OA என்ற கோட்டில் விழுமென நினைத்துக் கொள்வோம். படத்தில் கண்டபடி OA ஐ B-க்கு நீட்டுக. $AB = OA \sin\phi$-க்குச் சமமாக இருக்கட்டும். A வழியாக AB-க்குச் செங்குத்தாக $C'AC$ என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரைவோம். B வழியாக $A\hat{B}A_1 = 15°$; $A\hat{B}A_2 = 30°$ என்றபடி BA_1, BA_2 என்ற கோடுகளை வரைக. A_1, A_2 ... என்ற புள்ளிகளை O உடன் சேர்க்கவும்.



படம் 192.

நாழிக் கோலின் நிழல் OA_1 உடன் பொருந்தும்பொழுது பிற்பகல் 1 மணி; OA_2 உடன் பொருந்தும்பொழுது பிற்பகல் 2 மணி. ABA_1 என்ற முக்கோணத்தில்,

$$\tan 15° = \frac{AA_1}{AB}.$$

$$= \frac{AA_1}{OA \sin\phi}.$$

$$= \frac{\tan AOA_1}{\sin\phi}.$$

$\therefore \quad \tan AOA_1 = \tan 15^\circ \sin \phi.$

$\angle AOA_1 = \theta$ என்க.

$\tan \theta = \tan 15^\circ \sin \phi.$

$h = 15^\circ$-க்குரிய, θ-ஐக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

இம்முறையில் நாழிகைக் கோலின் நிழல் OA உடன் பொருந்திஞல் நேரம் பிற்பகல் 1 மணி. OA_2 உடன் பொருந்திஞல் பிற்பகல் 2 மணி. இதுபோலத் தோற்ற ஞாயிற்று நேரங்களைக் கணக்கிடலாம்.

(2) நடுவரைத்தள நாழிகைக் கோல்

இதில் வட்டத்தளம் வான நடுவரைத் தளத்தில் இருக்கும். நாழிகைக் கோல் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். ஞாயிறு சீராக மணிக்கு 15° கோண தூரத்தைக் கடப்பதால் நாழிகைக் கோலின் நிழல் சீராக இத்தளத்தில் நகரும். மணிக் கோடுகள் தளத்தின்மேல் 15° கோணத் தொலைவுகளில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும். உச்சி வட்டத்தைத் தொடங்கும் புள்ளியிலிருந்து கால அளவை தொடங்கும்.

296. வானியல் தொலைநோக்கிகள் (Astronomical telescopes)

வானியல் தொலைநோக்கிகள் இருவகைப்படும். அவை

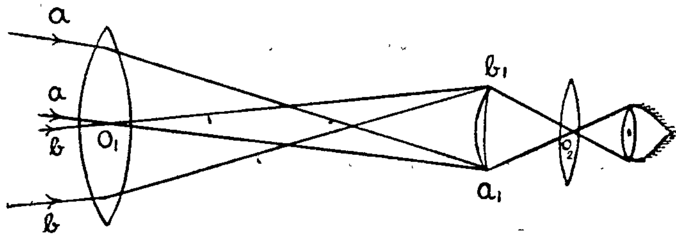
(i) ஒளிக் கோட்டமுறைத் தொலைநோக்கி (Refracting telescope).

(ii) ஒளித் திருப்புமுறை தொலைநோக்கி (Reflecting telescope).

பார்க்கப்படும் பொருளுக்கு அருகில் உள்ளது குவி வில்லையாஞல் (convex lens), அவ்விதத் தொலைநோக்கியை ஒளிக்கோட்டமுறைத் தொலைநோக்கி என்கிறேம். பார்க்கப்படும் பொருளுக்கு அருகில் ஒரு குழிஆடி (concave lens) இருக்குமாஞல் அவ்விதத் தொலைநோக்கியை ஒளித் திருப்புமுறைத் தொலைநோக்கி எனச் சொல்கிறேம்.

வானியல் தொலைநோக்கி நீண்ட குவியத் தூரமுள்ள ஒரு குவி வில்லையைப் பொருளருகு வில்லையாகவும் (objective glass). குறைந்த குவியத் தூரமுள்ள மற்றொரு வில்லையைக் கண்ணருகு

வில்லையாகவும் (eye piece) கொண்டது. இவை இரண்டும் ஓர் உலோகக் குழாயின் முனைகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு வில்லைகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் கூட்டவோ, குறைக்கவோ பக்கவாட்டில் ஒரு திருகு (screw) பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 193.

தொலைநோக்கி, தூரத்திலுள்ள ஒரு பொருளுக்குத் திருப்பப் பட்டுள்ளது எனக் கொள்வோம். அந்தத் தொலைவிலுள்ள பொருளாகத் திங்களின் பிறையைக் கொள்வோம் (ab), a என்ற கொம்பு முனையிலிருந்து வரக்கூடிய ஒளிக்கதிர்கள். இணையான திசைகளில் (ஏனென்றால் மிகத் தொலைவிலிருக்கின்றன) வந்து, வில்லையின் வழியாக ஊடுருவி, குவியத் தளத்தில் a_1 என்ற புள்ளியில் குவியும். அதே மாதிரி b என்ற கொம்பு முனையிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் இணையான திசைகளில் வந்து வில்லையில் ஊடுருவி b_1 என்ற புள்ளியில் குவியும். b_1a_1 என்ற மெய்ப் பிம்பம் தலைகீழாகக் கிடைக்கும். இந்த மெய்ப் பிம்பம் கண்ணருகு வில்லையின் குவியத் தளத்தில் அமைவதால் கண்களுக்கு உருப்பெருக்கம் அடைந்த ஒரு போலிப் பிம்பம் தெரியும். இறுதியாகத் தெரியும் போலிப் பிம்பம் எல்லையற்ற தொலைவில் கிடைப்பதாகக் கொள்ளப் படுகிறது.

உருப்பெருக்கம்

$$= \frac{\text{பிம்பம் கண்ணில் எதிர்கொள்ளும் கோணம்}}{\text{பொருள் கண்ணில் எதிர்கொள்ளும் கோணம்}}$$

(அ-து) உருப்பெருக்கம்

$$= \frac{\text{பொருளருகு வில்லையின் குவியத் தூரம்}}{\text{கண்ணருகு வில்லையின் குவியத் தூரம்}}$$

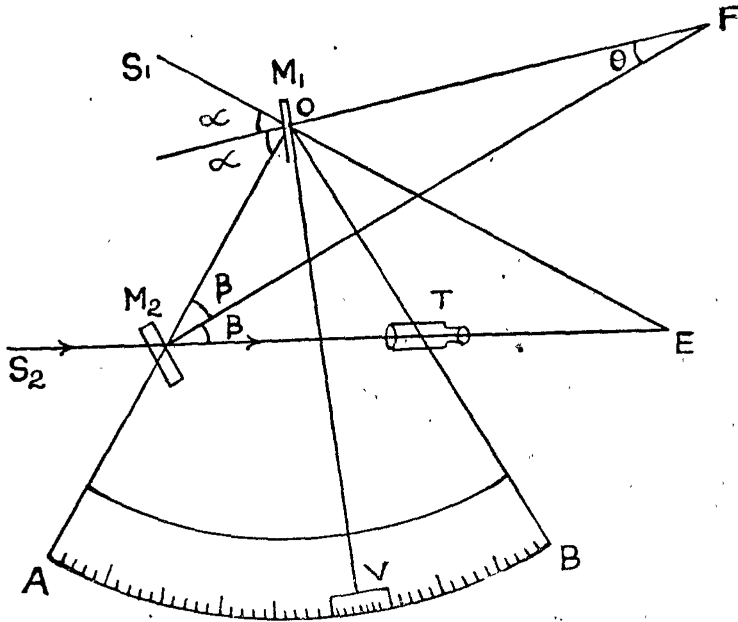
மிகப்பெரிய சில தொலைநோக்கிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

(i) கலிபோர்னியாவில் பாலமார் மலையின் (Palamer mountain) மீதுள்ள 200 அங்குல கேல் நோக்கி.

(ii) கலிபோர்னியாவில் காமில்டன் மலையிலுள்ள விக் ஆர்ாய்ச்சிக் கூடத்திலிருக்கும் 120 அங்குல தொலை நோக்கி.

(iii) எர்க்சு ஆராய்ச்சிக் கூடத்திலுள்ள 40 அங்குல ஒளிக் கோட்ட முறை தொலை நோக்கி. இவ் வகையில் இதுவே பெரியதாகும்.

297. ஏட்லியின் கோண மானி (Hadle's sextant)



படம் 194.

இக் கருவி ஏதேனும் ஓர் இடத்தில் உள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத் தூரத்தைக் காணவும், அதனின்று, விண்மீன்களின் தொலைவு, ஞாயிறு, திங்கள், மற்ற கோள்கள் ஆகியவைகளின் கோண விட்டம் போன்ற அளவுகளைக் கணக்கிடவும் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

இக் கருவியில் OA-ம், OB-ம் சமநீளமான இரு உலோகச் சட்டங்கள். O, OA அல்லது OB ஐ ஆரமாகவுள்ள வட்ட மையப் புள்ளி. $A\hat{O}B = 60°$. (அதனால்தான் இப் பெயர் வந்தது). AB என்ற வட்டவில் மற்ரொரு சட்டம். இது பாகைகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கிறது. இதை முதனிலை அளவுகோல் (main scale) எனச் சொல்கிரேம். OV என்பது மற்ரொரு சட்டம். இது O-ல் இணைக்கப் பட்டு A-லிருந்து B-க்கு நகரும் வகையில் அமைந்துள்ளது. இச் சட்டத்திற்கு V என்னும் முனையில் ஒரு நுண்ணளவு கோல் (vernier scale) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நுண்ணளவு கோல் முதனிலை அளவுகோலின் மேல் நகர்கிறது. M_1 என்னும் ஒரு சமதள ஆடி (index mirror), OV-க்கு O-ல் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. M_2 என்ற மற்ரொரு சமதள ஆடி (horizon mirror) OA-ன் நடுவில் ஏறத்தாழ OB-க்கு இணையாக இருக்குமாறு அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இதன் கீழ்ப் பாதி மட்டும் மேல் பாதி ஒளிபுகும் ஆடி யாகும். OB என்ற சட்டத்தில் T என்ற தொலை நோக்கி அதன் அச்சு M_2-ன் வழியாகச் செல்லும் வகையில் அமைக்கப்பட் டுள்ளது.

OV, OB உடன் சேருகையில் நுண்ணளவு கோலின் பூச்சி யமும் முதனிலை அளவுகோலின் பூச்சியமும் இணைந்திருக்கும். M_1 என்ற ஆடியின் தளமும், M_2 என்ற ஆடியின் தளமும் இணை யாக இருக்கும்.

S_1, S_2 இரு விண்மீன்கள், இவைகளை இணைக்கும் தளத்தில் கோணமானியை வைத்துக்கொண்டு S_2 ஐ M_2-லுள்ள ஒளிபுகும் ஆடியின் வழியே நேரிடையாகத் தொலைநோக்கியில் தெரியுமாறு வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். பிறகு OV என்ற சட்டத்தை நகர்த்தவேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் S_1-லிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் M_1, M_2 ஆடிகளின் வழியே பிரதிபலிக்கப்பட்டு தொலைநோக்கியின் வழியாகப் பார்க்கையில் S_1-ம், S_2-ம் ஒன்றியிருப்பதாகத் தோன்றும். OV திரும்பிய கோணத்தை θ எனக் கொள்வோம். $O\hat{F}M_2 = \theta$ ஆகிறது. S_1-லிருந்து வரும் ஒளிக் கதிருக்கு M_1-ல் α படுகோணமாக இருக்கட்டும். M_2ல் β படுகோணமாக இருக்கட்டும். முக்கோணம் $O\hat{F}M_2$-ல்

$$\alpha = \beta + \theta.$$

$$\theta = \alpha - \beta.$$

$\triangle OEM_2$-ல்,

$$2\alpha = O\hat{E}M_2 + 2\beta.$$

$$\therefore \quad O\hat{E}M_2 = 2(\alpha - \beta) = 2\theta.$$

$$\therefore \quad S_1\hat{E}S_2 = 2\theta.$$

இது OV, OB-லிருந்து திருப்பப்பட்ட கோணத்தின் இரு மடங்காகும். ஆகவே இக் கருவியின் வாயிலாக இரு விண்மீன் களுக்கிடையே உள்ள கோண தூரத்தைக் கணக்கிடலாம். S_2-ன் திசையைத் தரைக் கோடாக எடுத்துக் கொண்டு ஒரு பொருளின் உயரத்தைக் கணக்கிடலாம். தரைக் கோட்டிற்கும் பொருளுக்கு மிடையே உள்ள கோணம் $= 2\theta$ எனக் கொள்க. பொருளின் உயரம் h எனக் கொள்க. பொருளின் அடிக்கும், பார்வை யாளருக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை d எனக் கொள்க.

$$\frac{h}{d} = \tan 2\theta$$

$$h = d \tan 2\theta.$$

d தெரியாத நிலையில், பொருளை நோக்கி x தூரம் சென்று மறுபடியும் கோணத்தை அளக்கையில் $2\theta_1$ ஆக இருக்கட்டும்.

$$\therefore \quad h = (d - x) \tan 2\theta_1$$

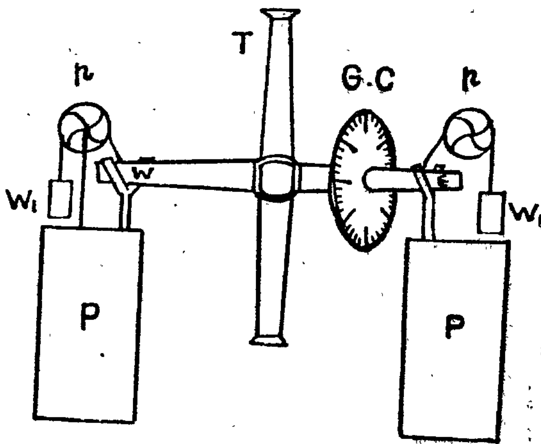
$$\therefore \quad x = h(\cot 2\theta - \cot 2\theta_1)$$

$$h = \frac{x}{\cot 2\theta - \cot 2\theta_1}$$

h ஐக் கணக்கிடலாம்.

குறிப்பு: ஞாயிறு, திங்கள் ஆகியவைகளின் கோண விட்டங் களை அளக்க, அவற்றின் இரு விளிம்புகளையும் S_1, மற்றும் S_2 எனக் கொள்ள வேண்டும்.

298. உச்சிக்கடத்தல் காண் தொலைநோக்கி (Transit Instrument)



படம் 195.

படத்தில்,

EW — உள்ளீடற்ற உருளை கிழக்கு மேற்காகப் பொருத்தப் பட்டுள்ளது.

T — ஒளிக்கோட்டத் தொலைநோக்கி உருளையின் அச்சுக் குச் செங்குத்தாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

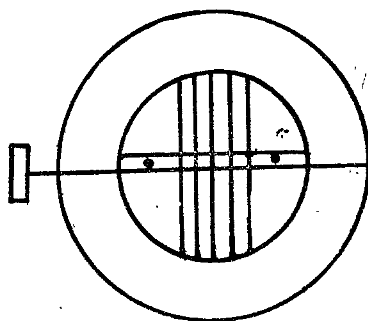
Y — ஒரே உயரமுள்ள *Y* வடிவமுள்ள இரண்டு தாங்கிகள்.

P — இரண்டு சம உயரமுள்ள தூண்கள். இரண்டு *Y*-களும் இவைகளின் மேல் நடப்பட்டுள்ளன.

G. C. — பாகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட வட்ட அளவுகோல். *EW* குழாய் இதன் மையத்தின் வழியாகச் செல்கிறது.

pp இரண்டு உருளைகள், *PP*-ன்மேல் ஒரே உயரத்தில் நடப்பட்டு W_1 என்ற சம எடையைத் தாங்கியிருக்கின்றன. *EW* உருளையின் டளு *Y*-ன்மேல் அதிகம் படாமல் இருக்கும் வண்ணம் இவை அமைக்கப்பட்டுள்ளன. *Y*-களுக்குப் பக்கவாட்டில் திருகுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவைகளை மேலும், கீழும், பக்கவாட்டிலும் நகர்த்த, திருகுகள் பயன்படுத்தப்பட்டிருக் கின்றன.

தொலைநோக்கி சுழலும்பொழுது, அது உச்சி வட்டத் தளத்தில் சுழல்கிறது; வான உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் பொருள்கள் யாவும், காட்சிக்குக் கிடைக்கும். பொருளருகு வில்லையின் குவி மையத் தளத்தில் (focal plane of the objective glass) ஒரு வட்டப் பின்னல் வரி (reticle) வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ் வட்டத்தில் ஒற்றைப்படை செங்குத்துக் கம்பிகள் (5 அல்லது 7) சம தூரங்களில் பதிக்கப்பட்டுள்ளன. நடுவில் இருக்கும் கம்பி செங்குத்து விட்டத்தோடு பொருந்தியிருக்கும். இதில் மேலும் இரண்டு கிடைக் கம்பிகள் பதிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒன்று கிடை வட்டத்தோடு பொருந்தியிருக்கும். மற்றொரு கம்பி மேலும், கீழும், நகர் திருகு வைக்கப்பட்டுள்ளது. காட்சி ஆய்வுகளை இரவில் நடத்தவேண்டியுள்ளதால், *EW* குழாயில் *EW*-க்கு அருகில் வசதியான ஓரிடத்தில் விளக்கு வைக்கப்பட்டிருக்கும். அங்கு ஒரு சமதள ஆடியை (plane mirror) வைத்து, ஒளியைப் பிரதிபலிக்கச் செய்து வட்டப் பின்னல் வழியில் உள்ள கம்பிப் பகுதியை ஒளிபெறச் செய்யலாம்.



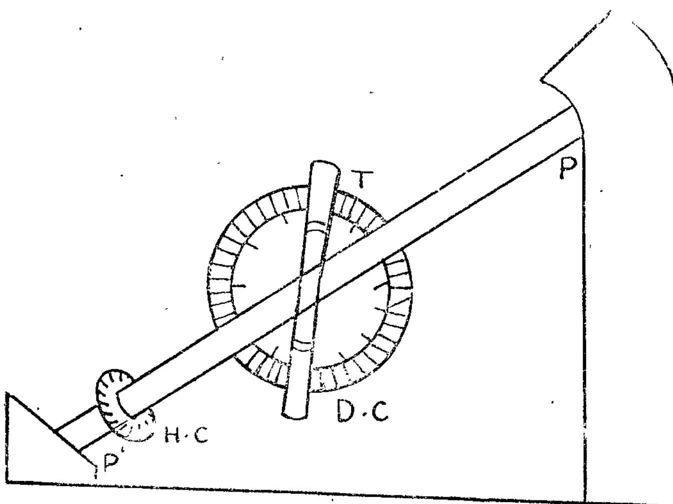
படம் 196.

உச்சிக் கடத்தல் காண் தொலை நோக்கியைக் கொண்டு விண்மீன்கள் உச்சியைக் கடக்கும் தருணத்தைப் பதிவு செய்வதற்காகக் கால வரைபடம் (chronograph) பயன்படுத்தப்படும். ஒரு நிலையானதும், ஒரு சில சென்டிமீட்டர் அகலமானதுமான ஓர் உருளைக்குக் காகிதம் சுற்றப்பட்டு மின்னியல் சாதனத்தோடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். விண்மீன் வட்டப் பின்னல் வரி வழியாகச் செல்கையில், ஒவ்வொரு கம்பியைக் கடக்கும்பொழுதும், காட்சியாளர் மின் சாதனத்தைத் தட்ட, பேனா காகிதத்தில் ஒரு குறியை ஏற்படுத்தும். சோதனைக்குப் பிறகு காகிதத்தை எடுத்து,

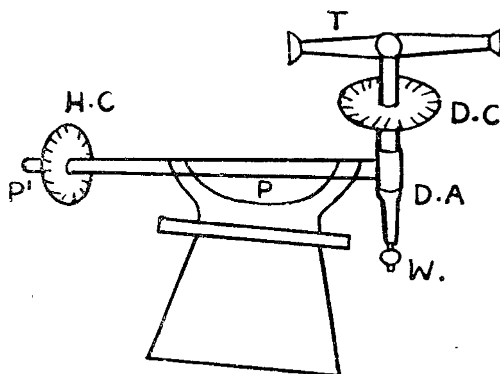
குறிப்புகளைக் கொண்டு பார்வையாளர் தமக்கு வேண்டிய கால அளவுகளைக் கணக்கிடுகிறார். விண்மீன் செங்குத்துக் கம்பிகளைக் கடக்கும் நேரங்களை நுண்ணியமாகக் காணலாம். அவைகளின் சராசரியே விண்மீன் உச்சி வட்டத்தைக் கடக்கும் நேரமாகும்.

குறிப்பு : இந்த உச்சிக் கடத்தல் காண் தொலைநோக்கியில் தட்டையான, பாகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட, ஒரு வட்ட அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இது *EW* என்ற குழாய்க்குச் செங்குத்தாகவுள்ளது. *EW*-ன் அச்சு இத் தட்டின் மையத்தின் வழியாகச் செல்கிறது. இதேபோன்றுள்ள மற்றொரு தகட்டின் உருப்பெருக்கிகள் (microscopes) பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. சற்று குறைந்த ஆற்றலுள்ள மற்றோர் உருப்பெருக்கியும், இக் குத்து வட்டத்தின்மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது இவ்வுருப் பெருக்கிக்குக் 'காட்டி' (pointer) என்பது பெயர். இது நடுவரை விலக்கத்தைக் காணப் பெரிதும் பயன்படுகிறது. இதன் பெயர் உச்சி வட்டம் (transit circle or meridian circle) என்பதாகும். இந்த வட்ட அளவுகோல் நடுவரை விலக்கத்தைக் காணப் பயன் படுகிறது.

299. நடுவரைத் தொலைநோக்கி (Equitorial instrument)



படம் 197.



படம் 198.

இதுவரையில் நாம்கண்ட வானாய்வுக் கருவிகள் வானப் பொருளைச் சிறிது நேரம் காட்சிக்குக் கொண்டுவரத்தான் பயன் படுத்தப்பட்டன. ஆனால் சிலசமயம் நெடுநேரம் வானத்தை நோக்க வேண்டி ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக மறைப்புக் காலங்களில் வானத்தை நெடுநேரம் பார்க்க வேண்டியிருக்கும். இதற்காகத் தொலைநோக்கியை நடுவரைத் தளத்தில் வைக்க வேண்டியுள்ளது.

படத்தில், PP' — துருவ அச்சு. இது பூமித் துருவத் திசையில் பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இதைத் துருவ அச்சு (polar axis) எனச் சொல்கிறோம். இந்த அச்சோடு கெட்டியாக, செங்குத்தாக மற்றோர் அச்சு இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. PP' சுழலும்பொழுது இதுவும் சுழலும். இரண்டாவது அச்சை நடுவரை விலக்க அச்சு (declination axis) எனச் சொல்கிறோம்.

T — தொலைநோக்கி. இரண்டாவது அச்சின் முனையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. தொலைநோக்கி இரண் டாவது அச்சுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். தொலை நோக்கியை இரண்டாவது அச்சை மையமாகக் கொண்டு சுற்றலாம்.

H. C. — துருவ அச்சில் பொருத்தப்பட்ட, பாகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட, அளவு வட்டம். இதை மணி வட்டம் (hour circle) எனச் சொல்கிறோம். இங்குள்ள அளவுக் கூறுகள் மணி, நிமிடம் ஆகியவையாகும்.

D. C. — நடுவரை விலக்க வட்டம் (declination circle).

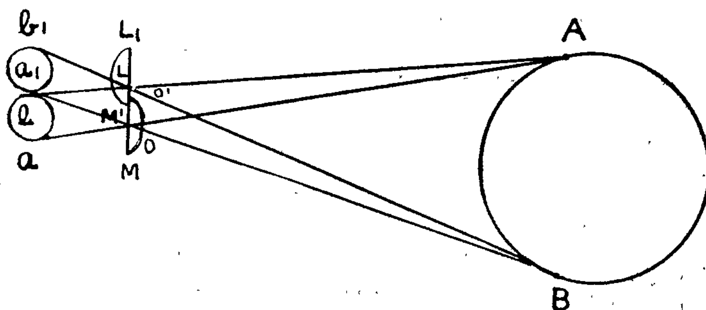
நடுவரை விலக்க அச்சு, கிடை நிலையில் உள்ளபொழுது, தொலை நோக்கி உச்சி வட்டத்தில் இருக்கும். அப்பொழுது துருவ அச்சோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள மணி வட்டத்திலுள்ள நுண்ணளவு கோல் 0 ம. 0 நி. காட்டும். தொலைநோக்கியின் காட்சியில் விண் மீன் படும்பொழுது, மணிவட்டப் பதிவு இதன் நேரக்கோணத்தைக் காட்டும். $t = \alpha \pm h$ என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி விண் மீனின் வல ஏற்றத்தைக் காணலாம்.

குறிப்பு: ஒரு தெரிந்த விண்மீனைக் காணவேண்டுமானால், துருவ அச்சைத் திருப்பி மணிவட்டத்தைக் காலக்கோணம் காட்டும் இடத்தில் நிறுத்தி, நடுவரை விலக்க அச்சைத் திருப்பி, நடுவரை விலக்க வட்டத்தை நடுவரை விலக்கம் காட்டும் இடத்தில் நிறுத்தி, தொலைநோக்கியின் மூலம் பார்த்தால் விண்மீன் தெரியும்.

நடுவரைத் தொலைநோக்கியைக் கொண்டுதான் புதிய கோள் களும் வால்மீன்களும் கண்டுபிடிக்கப் படுகின்றன.

300. திசை உயரமானி (Alt-azimuth)

ஒரு விண்மீனை உச்சியைக் கடக்கும் தருணத்தைத்தவிர மற்றத் தருணங்களில் பார்க்க வேண்டுமாயின், மற்றக் கருவிகள் பயன் படா. திசை உயரமானி என்றதோர் கருவிதான் பயன்படும். இக் கருவி வானத்தில் வானப் பொருள் எங்கிருப்பினும் அதன் கோண வேற்றம், திசைவில் ஆகிய இரண்டும் காணும் வண்ணம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 199.

நடுவரை தொலை நோக்கியின் அச்சு, துருவ அச்சில் இருப் பதற்குப் பதிலாக, செங்குத்தாக இருக்கும். மணி வட்டம் கிடை

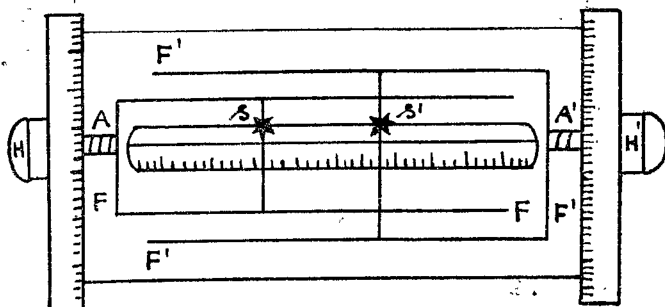
நிலையில் அமையும். இரு வட்டங்களையும் சுழற்றி விண்மீனைக் காட்சிக்குக் கொண்டு வந்தால், செங்குத்து வட்டம் விண் பொருளின் கோண வேற்றத்தையும், இடைநிலை வட்டத் திசை வில்லையும் காட்டும்.

இக் கருவி, ஞாயிறு, திங்கள் ஆகியவைகளின் கோண விட்டங்களைக் காணப் பயன்படுகிறது.

ஒளிக் கோட்ட முறைத் தொலை நோக்கியின் பொருளருகு வில்லை இரு புறக் குவி வில்லையாகும். விட்டளவுக் கருவியில் இரு சம பகுதிகளாக வெட்டப்பட்டு, ஒவ்வொன்றும் ஒரு புறக் குவி வில்லையாக இருக்கும். இவைகள் ஒன்றின் மேல் மற்றொன்று, அவைகளின் பொது விட்டத்தின் மேல் நகரும் வகையில், ஒரு திருகுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

படத்தில் AB திங்கள் தட்டு அல்லது ஞாயிற்றுத் தட்டு. LM, $L'M'$ இரண்டு ஒருபுறக் குவி வில்லைகள். O, O' அவைகளின் மையங்கள். ab, $a'b'$ ஆகிய இரண்டும் AB-ன் பிம்பங்கள். பொருளருகு வில்லையை AB ஐ நோக்கித் திருப்பினால், இரு பிம்பங்களைக் காணலாம். திருகைப் பயன்படுத்தி ஒருபுறக் குவி வில்லைகளை நகர்த்தி ab, ab' ஆகிய இரண்டு பிம்பங்களும் ஒன்றையொன்று தொடும்படி செய்ய வேண்டும். அப்பொழுது O-க்கும், O'-க்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தைத் திருகு நகர்ந்த தூரத்தைக் கொண்டு அளக்கலாம். Ob என்பது வில்லையின் குவியத் தூரமாகும். எனவே ObO' ஐக் கணிக்கலாம். இதுவே AB-ன் கோணவிட்டமாகும்.

301. நுண் கருவி (Micrometer)



படம் 200.

இக் கருவி அருகருகே உள்ள இரு விண் மீன்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைக் கணிக்கப் பயன்படுகிறது.

F, F' இரண்டு பகர வடிவச் சட்டங்கள் (forks). a' b' ஆகியவைகள் இச் சட்டங்களில் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கம்பிகள். பகர வடிவச் சட்டங்கள் $A A'$ என்ற இரு திருகுகளில் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. H, H' திருகுகளின் தலைகளாகும். இத் தலைகள் இரண்டு வட்டமான அளவுத் தட்டுகளின் மேல் உள்ளன. இத் தட்டு 100 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. F என்ற சட்டம் F' என்ற சட்டத்திற்குள் அமைந்துள்ளது. திருகுகளைத் திருகும் பொழுது ஒரு சட்டத்தினுள் மற்றொரு சட்டம் நகரும். $A A'$ திருகுகளைத் திருகி $a b$, $a' b'$ ஆகியவைகளின் அருகருகே வரும்படி செய்யலாம். F என்ற சட்டத்திற்குள் B என்ற அளவுகள் பொறிக்கப்பட்ட மற்றொரு சட்டம் உள்ளது. இது முதனிலை அளவு கோலாகப் பயன்படுகிறது. இதில் $c c'$ என்ற கம்பியொன்று உள்ளது.

இக் கருவி தொலை நோக்கியின் கண்ணருகு வில்லைக் கருகில் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். B என்ற சட்டத்தைச் சுழற்றி $c c'$ என்ற கப்பி மேல் இரண்டு விண்மீன்களும் அமையும்படி பொருத்திக் கொள்ள வேண்டும். $A A'$ என்ற திருகுகளைத் திருகி $a b$ என்ற கம்பி மேல் S என்ற விண்மீனின் s என்ற பிம்பமும், $a' b'$ என்ற கம்பிமேல் S' என்ற விண்மீனின் s' என்ற பிம்பமும் அமையும்படி செய்ய வேண்டும். $a b$, $a' b'$ ஆகியவைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமே இரண்டு $s' s$ ஆகியவைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமாகும். முதனிலை அளவு கோலைக் கொண்டு, தோராயமாகவும், திருகுத் தலையிலுள்ள அளவு கோலைக் கொண்டு துல்லியமாகவும், இத் தூரத்தை அளக்கலாம்.

இக் கருவியைப் பயன்படுத்தி, திங்கள், ஞாயிறு ஆகியவைகளின் கோண விட்டங்களையும் கணிக்கலாம். $c c'$ என்ற கம்பி திங்கள் தட்டின் விட்டத்தின் மேல் அமையும்படி பொருத்திக் கொண்டு $a b$, $a' b'$ என்ற கம்பிகள் திங்களின் விளிம்புகளைத் தொடும்படி திருகுகளைத் திருக வேண்டும். பின்னர், $a b$, $a' b'$ ஆகிய கம்பிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தைக் கொண்டு திங்களின் கோணவிட்டத்தைக் கணிக்கலாம்.

21. விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட தூசியும் வாயுவும்

(Interstellar dust and gas)

302. கதிரவனும் மற்ற விண்மீன்களும் நமது அண்டமாகிய பால்வழியில் இயங்குகின்றன. இப் பால் வழிமண்டலம் சுருள் கைகளைக் கொண்டதாகத் தோன்றுகிறது. இக் கைகளில் அமைந்திருக்கும் விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட பெருவெளியில் பரவலாக வாயுப்பொருளும் (gas), தூசுத் துகள்களும் (dust) படர்ந்துள்ளன. வாயுப் பொருள்கள் முகில்களாகச் சுருங்கும் தன்மை பெற்றுள்ளவை. அண்மையிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளியால் இந்த முகில்கள் பளபளப்பாக நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றன. சில முகில்கள் பால்வழி மண்டலத்தை நம் பார்வையினின்று விடுபடுத்தி இருண்ட நெபுலங்களாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இந்த வகையைச் சேர்ந்த நெபுலத்தின் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாக நாம் 'ஓரியான்' நெபுலத்தைக் கூறலாம். ஓரியான் நெபுலத்தைச் சுற்றி அழுத்தமான வாயு படர்ந்துள்ளது. இந்த நெபுலம் வெற்றுக் கண்களுக்கு எளிதில் தெரியாது. இதன் இருப்பிடத்தை ஓரியானின் வாளில் அமைந்துள்ள மூன்று விண்மீன்களின் நடு விண்மீனால் குறிப்பிகிறார்கள். வெப்பம் மிகுந்த பல விண்மீன்கள் இங்குள்ளன எனக் கண்டுள்ளார்கள். இந்த நெபுலத்தின் நிறமாலை பல மிளிரும் கோடுகளையுடையதாகும்.

இதைவிட அழுத்தக் குறைவான வாயுப் படலங்கள் மற்ற விண்மீன்களுக்கிடையே பரவலாக உள்ளன. வாயுப் படலம் சூழ்ந்துள்ள விண்மீன் மண்டலங்களுக்குச் சிறந்த எடுத்துக் காட்டாக நாம் செகிட்டாரஸ் (தனுர் இராசி) மற்றும் விருச்சிக இராசி (scorpio) என்ற விண்மீன் மண்டலங்களைக் குறிக்கலாம். இவை அவற்றிற்கப்பாற்பட்ட விண்மீன்களினின்று வரும் ஒளியை மறைக்கின்றன, அல்லது மங்கலாக்குகின்றன. விண்மீன்களுக்

கிடைப்பட்ட வாயு—தூசிப் படலத்தின் காரணமாக விண்மீன் களின் ஒளி மங்கலாக்கப்பட்டோ அல்லது மறைக்கப்பட்டோ, அவைகளின் நிறமாலைகளில் கருங்கோடுகளை நம்மால் காண முடிகிறது. இந்த வாயு தூசிப் படலங்கள் சுருள் அண்டங்களின் வெளிப்புறத்தில் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. விண்மீன்கள் எத்தகைய பொருள்களால் உண்டாகியுள்ளனவோ அத்தகைய பொருள்கள் இப் படலங்களில் மிகுதியாக உள்ளன என்று கண்டுள்ளார்கள். ஆகவே பால்வழியைப் போன்ற எல்லா அண்டங் களின் பொருண்மை, அங்குள்ள விண்மீன்களின் பொருண்மை யாலும், அங்கு படர்ந்துள்ள நீர் வாயு, மற்ற திடப்பொருள்களாலும் ஏற்படுகிறது. மின்னூட்டமிகுந்த நீர் வாயு அணுக்கள் இப் படலங்களில் பரவலாக இடம் பெற்றுள்ளன. அவைகளின் இருக் கையால் ஏற்படும் விளைவுகள் வானியலிலும், ரேடியோ வானியலிலும் புரட்சிகரமான உண்மைகளை வெளிப்படுத்தி யுள்ளன.

303. தூசி வாயுப்படலத்தால் ஏற்படும் நன்மை தீமைகள்

நன்மைகள்

1. இத்தூசிப் படலத்தின் வழியாக ஒளி ஊடுருவிச் செல்ல முடியாது. ஆனால் ரேடியோ அலைகள் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. ரேடியோ அலைகள் ஊடுருவிச் செல்லும் இயல்பைப் பெற்றமை யால், இத்தூசிப் படலத்தால் வானியல் ஆராய்ச்சிக்கு ஓர் அரும் பெரும் நன்மையும், ஏற்பட்டுள்ளது என்பதை நாம் ‘ரேடியோ வானியல்’ என்ற பகுதியில் விரிவாகக் குறித்துள்ளோம்.

2. இவ்வகையான தூசிப்படலம் இல்லாதிருந்தால், நில வொளி அளவுக்கு விண்மீன் ஒளி வீசக்கூடும். எழில் மிகுதியால் இரவின் தன்மை பாதிக்கப்படும்.

தீமைகள்

1. தூசிப்படலம் இடைபடுவதால் நாம் பால்வழி மண்ட லத்தைச் சரிவரக் காண முடிவதில்லை.

2. வான ஆராய்ச்சியின் முழுப்பயனை எளிதில் நாம் பெற முடிவதில்லை. ரேடியோ வானியல் தோன்றிய பிறகேதான் தடை பெற்ற வானாராய்ச்சி மீண்டும் உயிர், ஊக்கம் பெற்று, புரட்சி கரமான புதுமைகளை நமக்கு அள்ளித் தந்துள்ளது.

304. விண்மீன்களுக்கு இடைப்பட்ட நீரக வாயு (Interstellar hydrogen)

இத்தூசிப் படலத்தின் முழுவதிலும் பெரும்பான்மையாக நீரக வாயு இடம்பெற்றுள்ளது. தூசி மேகங்களிலுள்ள நீரகவாயு அணுக்கள் யாவும் விண்மீன் மண்டலத்தின் சுருள் கைகளில் இருக்கும் பாபுலேஷன் வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களிலிருந்து வரும் வலிமை வாய்ந்த கதிர் வீச்சுகளால் தாக்கப்பட்டு அயனிகளாக ஆக்கப்படுகின்றன. 1951-ல் அயனிகளாக்கப்பட்ட நீரக வாயுவைக் கண்டனர். அவை நீல இராக்கத விண்மீன்களுக்குண்டான நிறமாலைக் கோடுகளைக் காட்டின. அவைகளின் நிறமாலை ஆண்டிரோமீடா விண்மீன் மண்டலத்தின் சுருள் கைகளால் உண்டான நிறமாலையைப்போல் இருந்தது. நம் அண்மையிலுள்ள ஓரியான் இராசியிலுள்ள நீல இராக்கதர்கள் அயனிகளாக்கப் பெற்ற நீரக மேகத்தினுள் இருந்தன. ஆகையால் இதற்கு ஓரியான் கை (Orian arm) என்று பெயரிடப்பட்டது. நம் ஞாயிற்றுக் குடும்பம் இக்கையில்தான் அமைகிறது. மற்ற இரண்டு, கைகளும், பெர்ஸியஸ் கை (Perseus arm), தனுசுக் கை (Sagattarus) அதே மாதிரி கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. ஒவ்வொரு கையும் 10,000 ஒளியாண்டுகள் நீளமுள்ளவை எனக் கண்டுள்ளார்கள். வான விஞ்ஞானிகள் இந்த நீரக மேகங்கள் விரிவடைந்து கொண்டிருக்கின்றன (moving hydrogen clouds) என்றும், ஆனல் விண்மீன் மண்டலத்தின் மையக்கோட்டு தளத்தில் தான் நிலவுகின்றன எனவும் கண்டுள்ளார்கள்.

இந்த நீரகப் படலம் இரண்டு விதங்களில் காணப்படுகின்றன. (1) நடுநிலை (neutral state), (2) மின்னூட்டம் கொண்ட நிலை (ionised state). நடுநிலைப் பாங்கையுடைய படலத்தை H_I பகுதியெனவும், மின்னூட்டம் கொண்ட படலத்தை H_{II} பகுதியெனவும் சொல்வார்கள்.

H_I பகுதி நமது அண்ட மத்தியிலேயே ஒரு மெல்லிய படுகையாக அமைந்துள்ளது. இதன் உயரம் சுமார் 400 பாரசீக்குகள் எனக் கொள்ளலாம்.

H_{II} பகுதிகள் மிக வெப்பமான விண்மீன்களுக்கு அண்மையிலே தான் காணப்படுகின்றன. விண்மீன்கள் வெளிவிடும் புற ஊதா ஒளி உட்கவரப்படுவதால் தான் மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னேட்டம் விண்மீன்களுக்கு அண்மையிலுள்ள பல படலங்களை ஊடுருவிச் செல்கிறது எனக் கூறுகிருர்கள்.

இந்த வாயுவினுலான பகுதியை, நீரகவாயு வெளிவிடுக் கோடுகளின் நிறமாலையைக் கொண்டு (Hydrogen lines emission spectrum) சிறப்பாக ஆராய்ந்துள்ளார்கள். இந்தப் படலம் ரேடியோ அலைகளை உட்கவர்வதும், வெளிவிடுவதுமான இயல்பைப் பெற்றுள்ளதால் ஆராய்ச்சிக்கு ரேடியோ அலைகள் பெரிதும் உதவியுள்ளன.

22. நிறமாலையின் பகுப்பாய்வு

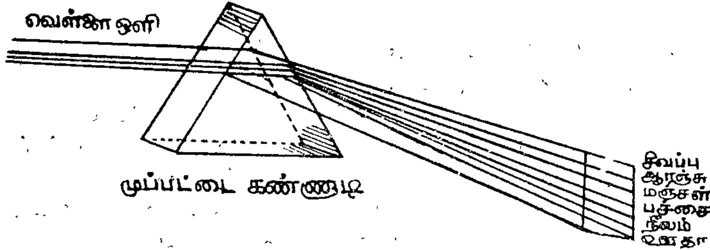
(Spectroscopic Analysis)

மனிதன் அறிவு வளர்ச்சிக்காகப் போராடுகையில் அவனுக்கு ஆயுதமாக இருப்பவை அவனுடைய புரிந்து கொள்ளும் திறனும் அளவு கடந்த ஆர்வமுமே ஆகும். தன்னுடைய புத்தி கூர்மையால் தனக்கு வேண்டிய புதிய கருவிகளைக் கண்டுபிடித்து தன் ஐம்புலன் களுக்கு எட்டாதவற்றைப் பற்றிக் கூட அவன் ஆராய்கிறான். இவ்வழியில் தொலை நோக்கி 1609-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு அதன் வாயிலாக அறிவு வளர்ச்சி பெருகியதை நாம் முக்கியமாகக் குறிப் பிடலாம். தொலை நோக்கி என்பது அடிப்படையில் மிகப் பெரிய கண்களே ஆகும். மனிதனுடைய கண் $\frac{1}{4}$ அங்குல கண் விழி உடையது. ஆனால், பலோமர் மலைமேல் இருக்கும் 200" தொலை நோக்கி 31,000 சதுர அங்குலத்திற்கு மேற்பட்ட ஒளியைக் கவரும் பரப்பைப் பெற்றுள்ளது. அதன் ஒளி கவரும் தன்மை, சாதாரணக் கண்ணைக் காட்டிலும், விண்மீனின் ஒளியைப் பல்லாயிரம் மடங்கு மிகைப் படுத்திக் காட்டுகிறது. தொலை நோக்கியால் மனிதன் அடைந்த பயன் இது மட்டுமன்று. இது ஒளி கவரும் பயனை மாத்திரம் கொடுப்பது மட்டுமன்றி ஒளிக் கதிரை நிறமாலை (spectrum) ஆகவும் பிரிக்க வல்லது.

306. நிறமாலையியல் (Spectroscopy)

கி. பி. 1666 ஆம் ஆண்டில் சர் ஐசக் நியூட்டன் ஒரு சிறு துளை வழியாகக் கதிரவன் ஒளியை வரச் செய்து அதை ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தினூடே (glass prism) ஊடுருவச் செய் தார். அதனின்று வெளிப்பட்ட ஒளிக் கற்றையை ஒரு திரையின் மீது விழச் செய்தார். அது சிவப்பு (red), ஆரஞ்சு (செம்மஞ்சள்), மஞ்சள் (yellow), பச்சை (green), நீலம் (blue), கருநீலம் (violet) போன்ற ஏழு வர்ணங்கள் வரிசையாகக் கொண்ட ஒளிப்பட்டை என்பதாகக் காட்டினார். இந்த நிகழ்ச்சி வான வில்லாக

ஆகாயத்தில் சூரிய கிரணங்கள் மழைத் துளிகள் மூலம் செல்கையில் ஏற்படுவதை நாம் கண்டுள்ளோம்.



படம் 201.

வெள்ளை ஒளியை நிறமாலையாகப் பிரிக்கும் நியூட்டனின் சோதனை.

நியூட்டன் சூரிய வெளிச்சத்தை அதாவது வெள்ளை நிற ஒளியைப் பல வீக்சுகளின் சேர்க்கை என்றும். அவை கண்ணில் பல வர்ணங்களாகத் தோன்றுகின்றன என்றும் காண்பித்தார். கதிரவன் வெள்ளொளியை ஏழு வர்ணங்களாகப் பிரிக்கும் வர்ணக் கற்றை நிறமாலை (spectrum) என்கிறோம். இவ் வெள்ளொளி அதன் மூல வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படுவதை 'நிறப் பிரிகை' (dispersion) என்கிறோம்.

307. ஒளி அலையின் இயல்புகள் (Nature of light waves)

ஒளி தன் பிறப்பிடத்திலிருந்து அலை உருவில் பரவுகிறது. இதனை டச்சு நாட்டு வானியலறிஞர் (Huygens) முதன் முதலாகக் கண்டார். அவை அலை நீளத்தில் மட்டுமல்லாமல் அவைகளின் அதிர்வெண்ணிலும். (frequeney) மாறுபடுகின்றன. நாம் பார்க்கக் கூடியதும், மிக அதிகமான அலை நீளமுள்ளதுமான மிகச் சிவந்த ஒளியானது $\frac{3}{100,000}$ அங்குலம்தான் (அதாவது $7 \cdot 5 \times 10^{-5}$ செ. மீ. நீளமுள்ளதாக இருக்கிறது. நாம் பார்க்கும் மிகவும் ஊதா நிறமுள்ள ஒளியானது இதில் பாதி அதாவது ·000015 அங்குலமே அலை நீளமுள்ளதாக இருக்கிறது. எல்லா நிறங்களின் ஒளியும் ஒரே சீரான அதாவது விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் அல்லது 3×10^{8} மீட்டர் வேகத்துடனேயே செல்கின்றன. ஒரு விநாடியில் ஒரு நிலையான புள்ளியைக் கடந்துசெல்லும் சிவப்பு நிறத்தின் அலைகளின் எண்ணிக்கை நான்கு நூறு மிலியன் மிலியனுக்கு குறைவில்லாமல் இருக்கின்றன. இந்த எண்ணிக்கையையே அவ்வொளியின் அலைவெண் (frequency) என்கிறோம். ஊதா ஒளியானது இதைவிட அதிகமான அதாவது எட்டு நூறு மிலியன்

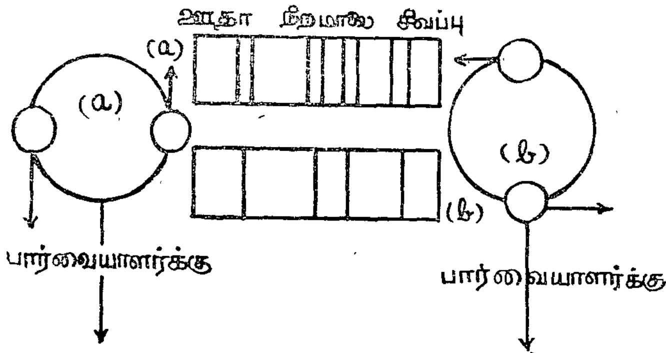
மிலியன் என்ற அலைவெண் கொண்டதாகவுள்ளது. அதாவது நாம் ஓர் ஊதா நிறமுள்ள பொருளைப் பார்க்கும்பொழுது எட்டு நூறு மிலியன் மிலியன் ஒளி அலைகள் ஒரு விநாடியில் நம் கண்களுக்குள் நுழைந்து செல்கின்றன.

சூரிய ஒளியின் பகுக்கப்பட்ட நிறமாலை, நம் கண்ணுக்கு ஒரு முனை சிகப்பு ஒளியிலிருந்து துவங்கி மறுமுனையில் ஊதா ஒளி வரை, பரவி உள்ளதாகத் தெரிகிறது. ஆனால் இவை அதன் உண்மையான எல்லைகள் அல்ல. நாம் பார்க்கும் நிறமாலையில் காணப்படும் ஊதா முனைக்கு அப்பால் சில வேதியியல் உப்புகளை வைத்தால், அவை தெளிவாகப் பிரகாசிக்கின்றன. எனவே இங்கே கூடச் சக்தியானது கண்ணுக்குத் தெரியாத உருவத்தில் அனுப்பப்படுகிறது எனத் தெரிகிறது. இதை நிறமாலையின் புற ஊதாப் பகுதி (ultra violet region) என்கிறோம். இதே மாதிரி நிறமாலையிலுள்ள சிவப்பு நிறத்தின் முனையிலும் ஒளிச் சக்தி நிலவு கிறது என்பதைக் காணலாம். இங்கே வைக்கப்படும் ஒரு வெப்ப மானியோ அல்லது வெப்பத்தை அளக்கும் எந்தக் கருவியோ, ஒளிச் சக்தி வெப்ப உருவில் இங்கு வருகிறது என்பதைக் காட்டு கிறது. இந்தப் பகுதியை அகச் சிவப்புப் பகுதி (infra ted region) எனச் சொல்கிறோம்.

308. டாப்ளர் விளைவு (Doppler's effect)

1842-ல் ஆஸ்திரிய நாட்டு இயல்பியல் வல்லுநகர் கிரிஸ் டியன் ஜோஹான் டாப்ளர் (Christian Johan Doppler) அவர் களால் இத்தத்துவம் கண்டறியப்பட்டது. அதாவது, வேகமாகச் செல்லும் புகைவண்டியின் கூச்சலின் உச்ச ஒலி (pitch) வண்டி அருகில் வரும்பொழுது அதிகமாகவும், வண்டி நம்மைவிட்டு எட்டிச் செல்லும்பொழுது குறைவாகவும் கேட்கப்படுவதை, டாப்ளர், புகைவண்டியின் நிலைமாற்றத்தின் விளைவாக ஒளி அலைகள் நம் செவிப்பறையின் (ear drum) மேல் நொடிக்கு நொடி அதிகமாவ தாலோ குறைவதாலோ ஏற்படுகிறது எனக் கூறினர். டாப்ளர் விளைவு, ஒளி அலைகளுக்கும் ஒலி அலைகளுக்குப் பொருந்துவது போலவே பொருந்தும். நகரும் ஒரு நிலையிலிருந்து வீசப்படும் ஒளி அலைகள் அலைவெண்ணில் மாற்றமடையும். அதாவது வெளிச்சத் தின் நிலை அதிக வேகமாகச் செல்லும்பொழுது ஒளியின் நிறம் மாறும். உதாரணமாக வெளிச்சத்தின் நிலை நம்மை நோக்கி அதி வேகத்துடன் வந்தால், ஒளி அலைகள் நொடிக்கு நொடி அதிக அளவில் கூட்டமாக நம் கண்ணின் விழியில் படும். அவ்வொளியின் நிறம், இருப்பதைவிட அதிக நீலமாகத் தோன்றும் ஆனால் வெளிச்சத் தோற்றுவாய் நம்மைவிட்டுப் பிரிந்தோடிக் கொண்டிருக்

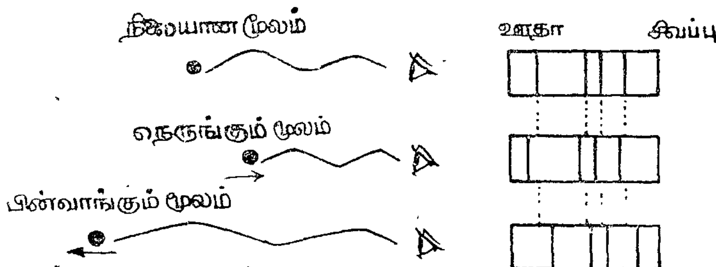
கையில் குறைவான அளவில்தான் ஒளி அலைகள் கண்ணில் படும். அப்பொழுது அவ்வெளிச்சத்தின் நிறம் இருப்பதைவிட அதிக சிவப்பாகத்தான் தோன்றும். இதைத்தான் நாம் சிவப்பு நிறமாற்றம் (red shift) என்கிறோம்.



படம் 202.

மீசார் விண்மீனின் நிறமாலையில் டாப்ளர் விளைவால் ஏற்படும் இடமாற்றங்கள்

வானநூல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் விண்மீன்களின் நிறமாலைகளை நெடுங்காலமாக ஆராய்ச்சி செய்து வருகிறார்கள். குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களில், அணுக்கள் வெளியிடுவதால் (emission) தோன்றும், இருண்ட பின்னணியில் காணப்படும் பொலிவு மிகுந்த கோடுகளைப் பற்றியும், அதேபோல அணுக்கள் உட்கவருவதால் (absorption) தோன்றும் ஒளிமிகுந்த பின்னணியில் உள்ள இருண்ட கோடுகளைப் பற்றியும் நன்கு அறிவார்கள். அவர்கள் இந்நிறமாலையைக் கொண்டு விண்மீன்களின் வேகத்தையும், சுற்று விசையையும் (radial velocity) அவைகளின் நிறமாலைக் கோடுகள்



படம் 203.

நீலப்பக்கம் சாய்கின்றனவா அல்லது சிவப்புப் பக்கம் சாய்கின்றனவா என்பதைக் கொண்டு கணக்கிடுகிறார்கள்.

படத்தில் ஒளிமூலம் நெருங்கும்பொழுது நிறமாலையின் கோடுகள் ஊதாக் கோடுக்கு இடமாக நகர்வதையும், ஒளிமூலம் பின்வாங்கும்பொழுது நிறமாலைக் கோடுகள் சிவப்புக் கோடுக்கு வலப்பக்கம் நகர்வதையும் காணலாம்.

முதல் தடவையாக ஆர்மாண்ட் H. L. ஃபீசோ (Armand H. L. Fizeau) என்ற பிரெஞ்சு நாட்டு விஞ்ஞானிதான் ஒளியின் டாப்ளர் தத்துவத்தைக் கண்டுபிடித்தார். ஆகையால் சில சமயங்களில் இது "டாப்ளர் ஃபீசோ தத்துவம்" (Doppler Fizeau effect) என்ற பெயரால் இரு விஞ்ஞானிகளுக்கும் மதிப்புத் தரும் வகையில் கூறப்படுகிறது. ஆனால் எப்பொழுதும் நியாயத்திற்கு இவ்வுலகில் இடமில்லை!

இத் தத்துவத்தின் விளைவாக 1868-ல் ஆங்கில நாட்டு வான விஞ்ஞானி சர் வில்லியம் ஹகின்ஸ் (Sir William Huggins) என்பவர் சீரியஸ் என்ற விண்மீனின் சுற்று விசையைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் இந்த விண்மீன் நொடிக்கு 29 மைல்கள் வீதம் நம்மை விட்டு ஓடிக் கொண்டிருக்கிறது என்றார். ஹெர்ட்ஸ்ப்ரங் Hertzsprung) என்ற விஞ்ஞானி சுற்று விசையைக் கொண்டு சீபிட்டுகளின் சுய ஒளித் தரத்தைக் கண்டார். இதே போல் ஷர்ட் என்பவர் விண்மீன் மண்டலம் சுற்றுவதை ஆராய்ந்தார். 1912-ல் அமெரிக்க நாட்டு வான விஞ்ஞானியாகிய வெஸ்டோ மெல்வின் ஸ்லைஃபர் (Vesto Melvin Slipher) ஆண்டிரோமீடா விண்மீன் மண்டலத்தின் சுற்று விசையைக் கண்டறிந்து அது நம்மை நோக்கித் தோராயமாக நொடிக்கு 125 மைல்கள் வேகத்தில் வந்து கொண்டிருக்கிறது என்று கூறினார். மற்ற விண்மீன் மண்டலங்களைப் பற்றி ஆராய்ச்சி நிகழ்த்தியதில் அவை நம்மை விட்டுப் பிரிந்தோடிக் கொண்டிருக்கின்றன என்றார். 1914-ல் ஸ்லைஃபர் 15 அண்டங்களைப் பற்றிய புள்ளி விவரங்களைச் சேகரித்தார். அவற்றுள் 13 நம்மைவிட்டுப் பிரிந்தோடிச் சென்று கொண்டிருக்கின்றன என்றும், அவைகளின் வேகம் நொடிக்கு, சுமார் பல நூறு மைல்கள் ஆகும் என்றும் கண்டறிந்தார். ஆராய்ச்சியின் தரம் உயர உயரத் தொலைவிலுள்ள விண்மீன் மண்டலங்களைப் பார்க்க முடிந்தது. நிறமாலையில் இவற்றின் சிறப்பு நிறமாற்றம் அதிகமாயிற்று. அவை நம்மை விட்டு ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றன என்ற ஆராய்ச்சியின் முடிவு நம்மைப் பெரும் வியப்பில் ஆழ்த்தியுள்ளது.

209. நிறமாலை வகைகள் (Various kinds of spectrum)

பல்வேறு தனிமங்கள் (elements), மூலக்கூறுகள் (molecules) ஆகியவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் நிறமாலை வரிகள், அவற்றின் அலை நீளம், செறிவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடும் முறைகள், இவைகள் போன்றவற்றை விவரித்துக் கூறும் இயல்பியல் 'நிறமாலையியல்' (spectroscopy) எனக் கண்டோம். அந்தந்த நிறங்களின் அலை நீளத்தைக் கணிக்கப் பயன்படும் கருவி நிறமாலைமானி (Spectrometer) எனப்படும்.

நிறமாலையை இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை

(1) வெளிவிடு நிறமாலை (Emission spectrum).

(2) உட்கவர் நிறமாலை (Absorption spectrum).

(1) வெளிவிடு நிறமாலை

தோற்றுவாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை ஒரு நிறமாலை காட்டிக் கொண்டு நேரிடையாகப் பார்க்கும் பொழுது ஒரு வெளி விடு நிறமாலை தெரிகிறது. இது பல பொலிவான கோடுகளின் ஓர் அடுக்கு எனக் கூறலாம். இதன் தோற்றுவாய் வெண்சுடர் நிலையிலிருக்கும் வாயுவாகும். இந்த வாயுவிலுள்ள தனிமங்கள் தங்களுக்குரிய அலை நீளங்களில் ஒளியை வெளிவிடும். ஒவ்வொரு தனிமமும் தனக்குரிய அலையைச் சில குறிப்பிட்ட அலை நீளங்கள் மூலம் வெளிப்படுத்துவதால் நிறமாலையில் தோன்றும் ஒளி வரிகளைக் கொண்டு அது எந்தத் தனிமம் எனக் காண முடியும்.

(2) உட்கவர் நிறமாலை

ஓர் ஒளிக்கதிரின் தடத்தில் குறுக்கே ஒரு வாயு நிறைந்த ஜாடியையோ அல்லது கண்ணாடிப் பட்டகத்தையோ வைத்தால் ஒளியின் செறிவு சிறிது குன்றுவதைக் காணலாம். ஊடகம் அதிக மான அளவு தடித்திருந்தாலும் அல்லது உட்கவர் ஆற்றல் மிகுதி யாக இருந்தாலும் ஒளி முழுவதும் உட்கவரப்படலாம். உட்கவர் நிறமாலையின் அமைப்பைக் காணுவோம். ஒரு கரிவில் விளக்கி லிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை நிறமாலைக் காட்டியின்மூலம் பார்த் தால் ஒரு தொடர் நிறமாலை (continuous spectrum) கிடைக்கும். இடையில் ஓர் உட்கவர் ஊடகத்தை வைக்கும்பொழுது, ஒளி ஆற்றலின் ஒருபகுதி உட்கவரப்பட்டு, வெளிவிடு நிறமாலை தொடர் நிறமாலையாக இல்லாமல், நிறமாலை வரிகளில் சில கருங் கோடுகள் அல்லது சில கரும் வரிகள் தோன்றுகின்றன. இவையே உட்கவர் நிறமாலை வரிகளாம். உட்கவர் நிறமாலையின் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு கதிரவன் ஒளியின் நிறமாலையாம்.

மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள ஒவ்வொரு வகை நிறமாலையையும் மூன்று உட்பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன :

(a) தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum)

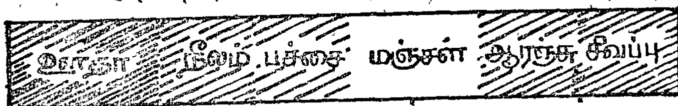
(b) வரி நிறமாலை (Line spectrum)

(c) பட்டை நிறமாலை (Band spectrum)

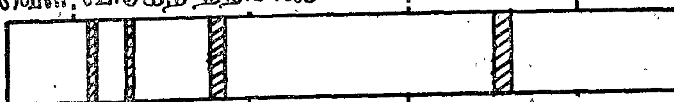
(a) தொடர் நிறமாலை

வெண்சுடர் நிலையிலிருக்கும் பிறப்பிடத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் அதன் மூலவண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படும்பொழுது ஒரு தொடர் நிறமாலை ஏற்படும். இதில் மூலவண்ணங்களின் பாகுபாடு துல்லியமாக இராது. மூலவண்ணங்கள் கலந்து தொடர்ச்சியாக இருக்கும்.

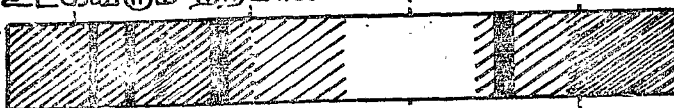
இடையற்ற நிறமாலை



வெளி விடுகிற நிறமாலை



உட்கவரும் நிறமாலை



4,000 5,000 6,000 7,000

ஆங்க்ஸ்டிராமில் அலை நீளங்கள்

வெளிவிடப்பட்ட, உட்கவரப்பட்ட கோடுகளைக் குறிக்கின்ற புலப்படும் நிறமாலை (visible spectrum)

படம் 204.

(b) வரி நிறமாலை

வெண்சுடர் வாயுவிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை வரிகள் ஒரு கரும் பின்னணியில் தனித்தனியாகத் தோன்றும். இதை வரி நிறமாலை அல்லது அணு நிறமாலை (atomic spectrum) என்போம். அணு அல்லது அணு அயனிகள் தனித்தனியான ஆற்றலை வெளிப்படுத்துவதாலேயே இந்த நிறமாலை கிடைக்கிறது. இயற்கையில் ஒவ்வொரு தனிமமும் தனக்கே உரிய ஒரு சிறப்பியல் வரி நிறமாலையைப் பெற்றுள்ளது (characteristic line spectrum). தனிமத்தின் இயல்பியல் பண்புகளால் அஃது ஒரு தனிச் சிறப்பியல் வரி நிறமாலையைப் பெற்றிருப்பதாகும். தனிமங்களுக்குச் சிறப்பியல் வரி நிறமாலை எப்பொழுதுமே மாறாது. வேறு தனிமங்கள் கலந்திருப்பினும், நிறமாலை அவைகளை வெளிப்படுத்தும்.

(c) பட்டை நிறமாலை

பல்லணு வாயுக்கள் (polyatomic gases) வெண்சுடர் நிலையில் இருக்கும்பொழுது பட்டை நிறமாலையை வெளிவிடுகின்றன. இவை மூலக்கூறு நிறமாலை (molecular spectra) ஆகும். இத்தகைய நிறமாலை ஒரு முனையில் தெளிவான விளிம்பைப் பெற்றும், மற்றொரு முனையில் தெளிவின்றியும் தோன்றும்.

310. கதிரவனின் நிறமாலை (Solar spectrum)

1814-ல் ஜெர்மன் நாட்டுக் கண்ணுடி வியாபாரி ஜோசப் வான் ஃப்ரன்ஹாஃபர் (Josepsh van Fraunhofer) கதிரவன் ஒளியைக் கண்ணுடி மூலம் செலுத்தி எப்படி ஒளி விலக்கம் ஏற்படுகிறது என்பதை ஆராயும் பொழுது, சில குறிப்பிட்ட சமயங்களில் கறுப்புக் கோடுகளைக் கதிரவனின் நிறமாலையில் கண்டார். இக்கோடுகளின் பாணியைத் துல்லியமாகப் படம் வரைந்து காட்டினார். இவற்றைத்தான் ஃபரன்ஹாஃபர் கோடுகள் (Fraunhofer line), எனச் சொல்கிறோம். அதாவது, கதிரவனின் நிறமாலை, தொடர் நிறமாலையாகும். ஆனால் அதன் மீது உட்கவர் நிறமாலை வரிகள் காணப்படுகின்றன. இதற்கடுத்த பத்து ஆண்டுகளில் பல விஞ்ஞானிகள் இக் கருத்தை ஆராய்ந்து இக் கோடுகள் கதிரவனில் உள்ள பல தனிமங்கள் காரணமாக நிகழக் கூடும் என்றார்கள். இக் கருங் கோடுகள் சில தனிமங்கள் சில அலை நீளங்களில் செல்லும் ஒளியை உட் கவருவதால் தோன்றுகின்றன என்றார்கள். சுமாராக 1859-ல் ஜெர்மானிய வேதியல் நிபுணர் இராபர்ட் வில்லியம் புன்சன் (Robert William Bunsen) என்பவரும், குஸ்தாவ் ராபர்ட் கிர்ச்சாவ் (Gustow Robert Kirchoff) என்வரும் ஒரு விஞ்ஞானக் கருவியைப் போலுள்ள ஒரு முறையைக் கண்டு

பிடித்தார்கள். வெண்சுடர் நிலையிலிருக்கும் ஒரு வாயு தன் நிறமாலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளி வரியை வெளி விடுவதாகக் கொள்வோம். உயர் வெப்ப நிலையிலிருந்து ஒரு தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடும் ஓர் ஒளி மூலத்தில் தன் ஒளியை வாயு வழி மறிக்குமேயானால், குறிப்பிட்ட அதே ஒளி வரி உட் கவரப்படலாம். இது நிறமாலை வரிகளின் நேர் திருப்பத் தத்துவம் (principle of reversal of spectral lines) எனப்படும். இதைக் கொண்டு கதிரவன் நிறமாலையில் காணும் ஃபிரான் ஹாஃபர் கோடுகளின் விளக்கத்தைத் தந்தார்கள். கதிரவனின் மையப் பகுதி பல மில்லியன் பாகை உயர் வெப்பநிலையிலுள்ளது. இதை ஒளி மண்டலம் என்போம். இதைச் சுற்றி, சற்று குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள நிறமண்டலம் (chromosphere) உள்ளது. மீண்டும் வாயு மண்டலம் ஒளி மண்டலத்தைச் சுற்றிச் சூழ்ந்து இருக்கிறது. சூரியனின் ஒளிக் கதிர் ஒளி மண்டலத்திலிருந்து எல்லா அலை நீளங்களிலும் வெளிப்படுகிறது. இந்த ஒளி நிற மண்டலத் தினுள்ளேயும், வாயுக்களின் ஊடே உட்புகுந்து வருகையில் அவ்வளவு பெற்ற சிறப்பியல் வரிகளுக்கான ஆற்றல் பறிக்கப் படுகிறது. அவற்றின் இடங்களில் கருங்கோடுகள் தோன்று கின்றன. இக் கருங்கோடுகளின் அலை நீளங்களும் உட் கவரப் பட்ட வாயுவின் சிறப்பியல் வரியின் அலை நீளங்களும் ஒன்றே யாகும். கதிரவன் ஒளி முழுவதையும் பல தனிமங்களின் வெளி விடு நிறமாலையுடன் ஒப்பிட்டு ஆராய்ந்ததில் 60-க்கு மேற்பட்ட தனிமங்கள் இருக்கக்கூடுமெனக் கண்டுள்ளார்கள்.

1868-ல் விஞ்ஞானிகள் இவற்றைவிட வியப்பான ஒரு புதுமை யைக் கண்டனர். சூரியனின் ஒளி மறையும் பொழுது வான விஞ்ஞானிகள் ஸர் நார்மன் லாக்கியர் (Sir Norman Lockyer) கட்டாயமாக இது ஒரு தனிமத்தைக் குறிக்கும் என்று உத்தியாகக் கொண்டு அதற்கு 'ஹீலியம்' (Helium) என்ற பெயரைக் கொடுத் தார். இப் பெயர் கிரேக்க மொழியில் உள்ள சொல். இதற்குச் சூரியன் என்பது பொருளாகும். இதற்கு 30 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர்தான் பூமியின் மேல் ஹீலியத்தைக் கண்டுபிடித்தனர்.

311. விண்மீனின் நிறமாலைகள் (Stellar Spectra)

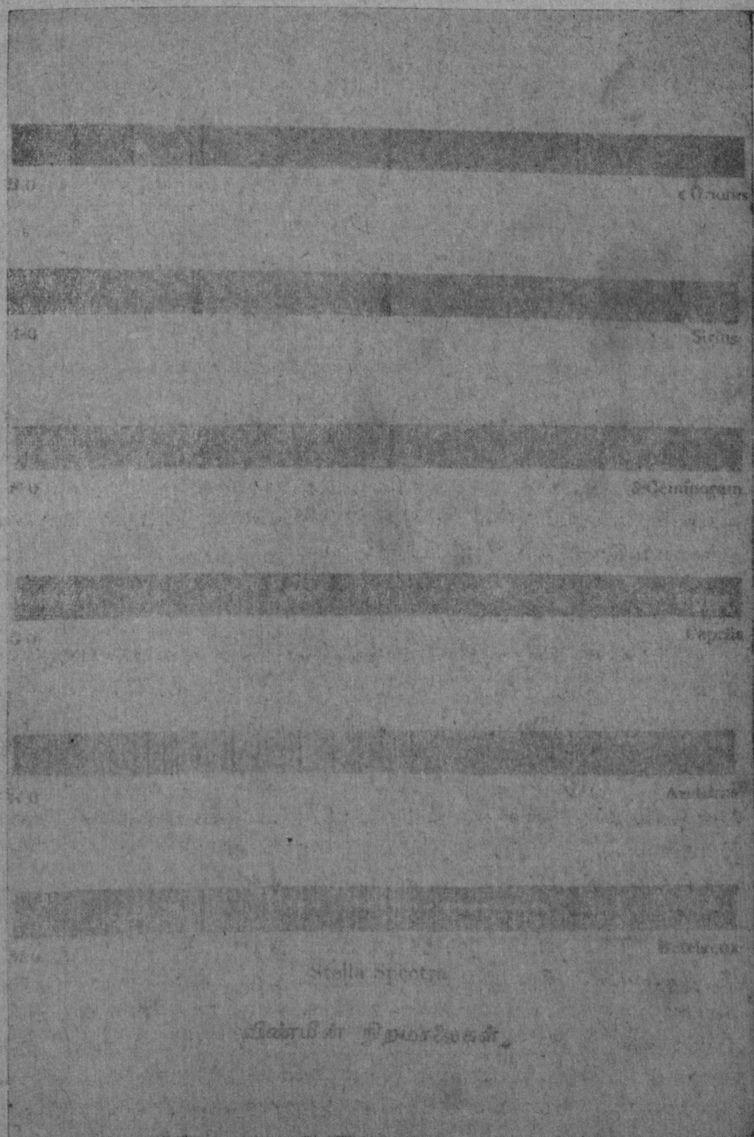
ஒரு விண்மீனின் நிறமாலை அடிப்படையில் அதன் மேற்பரப்பின் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்தது. ஆகையால் விண்மீன்களின் நிறமாலைகளைச் சிறப்பாக ஒரு தொடர் வரிசையில் (continuous sequence) அமைக்கலாம். நிறமாலைகளின் பாகுபாட்டை, வழக்க மாக *O*, *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M* என்ற வரிசை எழுத்துகளால் குறிப் பிடுகிறோம். இவ்வெழுத்துகள் விண்மீன்களின் பத்து பெரும் பிரிவு

களாகும். அவைகளின் உட்பிரிவுகளை 0-விலிருந்து 9 வரை உள்ள எண்களைக் கொண்டு பெரும்பிரிவின் எழுத்துகளின் தொக்கி நிற்பவையாக எழுதுகிறோம். எளிதில் இதை நினைவுக்குக் கொண்டுவர பல புத்தகங்களில் (*O, be a* fine girl, kiss me) என்ற வரியைக் கொடுத்துள்ளார்கள். இந்தப் பத்து பிரிவுகளில் சில ஒன்றோடொன்று ஒப்புமை பெற்றவைகளாக இருப்பதைக் கண்டு அவைகளை ஒன்று சேர்த்தார்கள். தற்சமயம் ஏழைப் பெரும் பிரிவுகளாகவும், மூன்றை உட்பிரிவுகளாகவும் கொண்டுள்ளார்கள்.

ஒரு விண்மீனின் நிறமாலை வகை முக்கியமாக அதன் மேற்புற வெப்ப நிலையிலிருந்து நிர்ணயிக்கப்படுவதால், அதன் மேற்புற வெப்பநிலையை அதனுடைய நிறமாலை வகையிலிருந்து மதிப்பிட்டு அறியலாம் என அறிகிறோம். விண்மீனின் நிறமாலைகளில் காணப்படும் கோடுகளில் ஏராளமானவை ஒன்று அல்லது இரண்டு மின் அணுக்கள் நீங்கிய அணுக்களின் வெப்ப நிலைகளைக் குறிக்கின்றன. விண்மீன்களின் வளி மண்டலத்தின் வெப்பமே அணுக்களிலிருந்து மின் அணுக்களை நீக்குகின்றது. அணுக்களிலிருந்து மின் அணுக்கள் நீக்கப்படும்பொழுது அதன் வெப்ப நிலை என்னவென்பது நமக்குத் தெரிவதால் அதிலிருந்து வெப்ப நிலையைக் கண்டறியலாம்.

நிறமாலை வகை	வெப்பநிலை	இவ்வகையைச் சேர்ந்த சில விண்மீன்கள்
O	20,000° முதல் 100,000° வரை	நோவா அக்விலா
B	20,000°	ரீகல் (β ஓரியானிஸ்) ஸ்பைகா (α வர்ஜினிஸ்)
A	10,000°	வீகா (α லைரா) சிரியஸ் (α கானிஸ் மெஜாரிஸ்)
F	7,000°	கானோபஸ் (α கேரினே) புரோசியான் (α கானிஸ் மைனோரிஸ்)
G	6,000°	கதிரவன் கேபல்லா (α ஔரிகா)
K	5,100°	ஆல்டிபரான் (α டாரி) ஆர்க்டரஸ் (α பூட்டிஸ்)
M	3,400°	பீடல்காஸ் (α ஓரியானிஸ்) அண்டாரஸ் (α ஸ்கார்பிஓ)

கதிரவனின் நிறமாலையில் கருங் கோடுகள் இருப்பதுபோல் எல்லா விண்மீன்களின் நிறமாலைகளிலும் இவ்வாறன கோடுகள்



படம் 205.

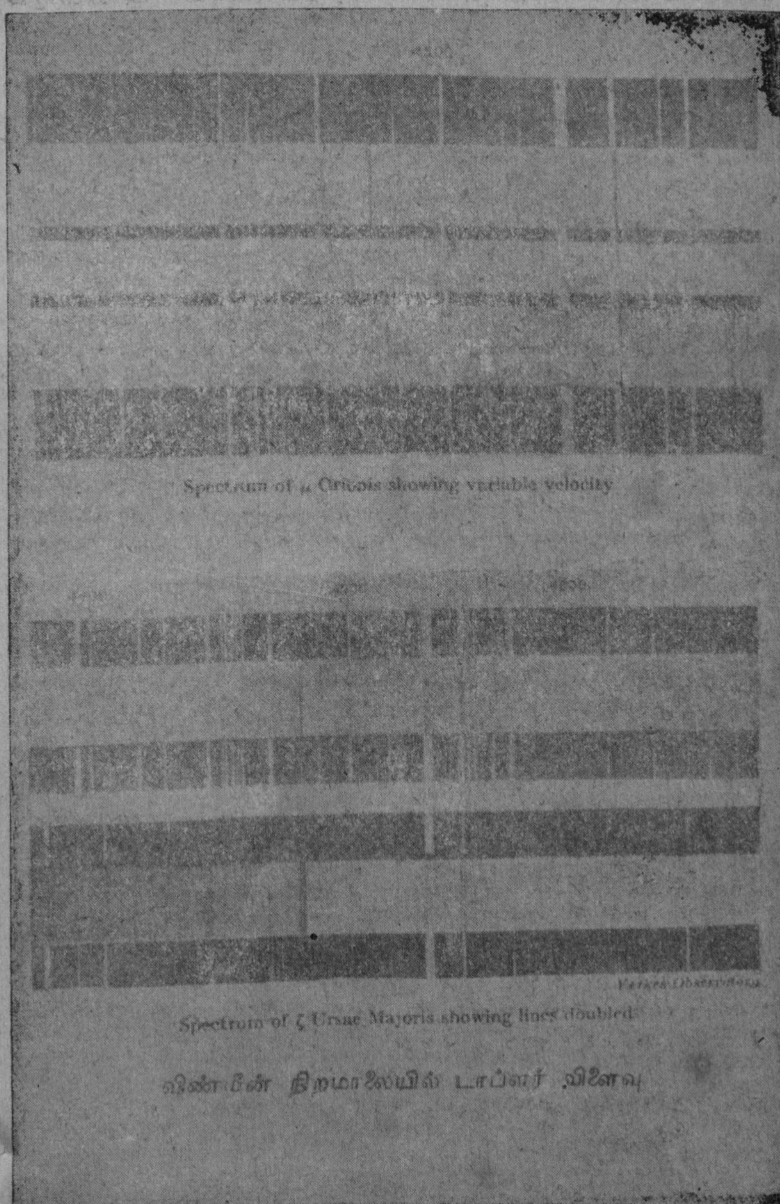
இருக்கின்றன. விண்மீன்களின் நிறமாலைகளில் காணப்படும் கறுப்புக் கோடுகள் அவற்றின் பலவகை வேதியல் தனிமங்களின் சிறப்பியல்புகளுக்கேற்ப அமைந்திருக்கின்றன. படம் 205-ல் காட்டப்பட்டிருக்கும் நிறமாலைகளில் ஹீலியம், ஹைட்ரஜன், கால்சியம் இரும்பு இவைகளுக்கான சிறப்புக் கோடுகள் காணப்படுகின்றன. சர் வில்லியம் ஹக்கின்ஸ் (Sir William Huggins) என்பவர் ஏற்கெனவே 1862-ம் ஆண்டில் சுமார் 40 விண்மீன்களின் நிறமாலை அமைப்புகளைக் கண்டு அவைகளில் வேதியல் பொருள்களின் இருப்பைப் பற்றிக் கண்டறிந்தார். இத்தாலிய வான நூலறிஞரான சீச்சி (Seechi) என்பவர் சுமார் 4000 விண்மீன்களின் நிறமாலைகளைக் கண்டறிந்து, அவைகளைப் பலவகைகளாகப் பிரித்து அவைகளுக்கு I, II, III, IV-ம் வகைகள் என்று பெயரிட்டிருக்கிருர். இதனுல் ஒரு விண்மீனின் நிறமாலையைக் கொண்டு அதன் வளிமண்டலத்தின் வேதியல் அமைப்பைப்பற்றி சரியானபடி அறியலாம். அதாவது விண்மீனின் வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை, செறிவு, வேதியல் அமைப்பு, விண்மீனின் தூரம், மற்றும் எந்த வேகத்தில் தூரம் குறைகிறது அல்லது அதிகமாகிறது. என்றும் அதன் எடை, அதன் சுழற்சி வேகம் முதலியவற்றைப்பற்றியும் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

312. நிறமாலை பாரலாக்ஸ் (Spectroscopic parallax)

சிலவகை விண்மீன்களின் நிறமாலைகளிலிருந்து அவைகளின் வளிமண்டலங்களின் அடர்த்தியை நிர்ணயிக்கலாம் என்று டபிள்யூ. எஸ். ஆடம்ஸ் (W. S. Adams) என்பவர் கண்டுபிடித்திருக்கிருர். இந்த அடர்த்தி விண்மீனின் இயல்பியல் முறையைப் பொறுத்திருக்கும். இந்த இயல்பியல் நிலை விண்மீனின் உண்மை வெளிச்சத்தைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகையினுல் இதை நிர்ணயித்தால் விண்மீனின் தூரத்தை அதன் தோற்ற வெளிச்சத்திலிருந்து கண்டுபிடித்துவிடலாம். இந்த முறையை நிறமாலை பாரலாக்ஸ் (Spectroscopic parallax) முறை என்று சொல்வார்கள். இஃது ஒரு தவருன பெயர் ஆகும். ஏனென்ருல் பாரலாக்ஸ் என்பது கோணங்களை அளப்பதாகும். ஆனுல், இந்த முறைக்கும் கோணங்களுக்கும் யாதொரு தொடர்பும் கிடையாது.

313. நிறமாலை வகை இரட்டை விண்மீன்கள் (Spectroscopic Binaries)

இரட்டை விண்மீன் அமைப்பில் இரண்டு உறுப்புகளும் வெவ்வேறு வேகத்தோடு நகரும். ஆனுல் இதன் நிறமாலை சாதாரணமாக இரண்டு தனி நிறமாலைகளின் சேர்க்கையாகக்



படம் 206.
விண்மீன் நிறமாலையில் டாப்ளர் விளைவு

காணப்படும். இரண்டு உறுப்புகளின் தனிப்பட்ட இடப் பெயர்ப்புக்கேற்ற வித்தியாசங்கள் காணப்படும். படத்தில் குறித்திருப்பது ஜீடா உர்சா மெஜரிஸ் (ζ Ursa Majoris) என்ற இரட்டை விண்மீனின் நிறமாலையாகும்.

இதில் முதலில் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள கோட்டை கவனிக்க வேண்டும். முன்போலவே மேலும் கீழும் உள்ள இரண்டு நிறமாலைகளும் ஒன்ருகும். இது புவியிலுள்ள சில பொருள்களின் நிறமாலைக் கோடுகளைக் காட்டுகின்றது. ஒப்பிடும் வகையில் நடுவில் இருப்பது ஒரு விண்மீனினுடையது ஆகும். இதில் ஒப்பிடுவதற்கென எடுத்துக்கொண்ட ஒவ்வொரு நிறமாலையும் இரண்டு தனிக்கோடுகளாய் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஒவ்வொரு கோடும் ஒவ்வோர் உறுப்பைக் குறிக்கும். இந்தக் கோடுகளின் இடப்பெயர்வுகள் ஒவ்வோர் உறுப்பின் வேகங்களைக் காட்டும். மேல் வரிசையில் நிறமாலைக் கோடுகள் தனித்தனியாகக் காணவில்லை. இதற்குக் காரணம் நிறமாலையை ஒளிப்படமாக்கும் பொழுது இரண்டு உறுப்புகளும் ஒரே வேகத்தில் சென்றமை ஆகும். ஒரு வானநூலறிஞர் இரண்டு உறுப்புகளுடைய சுற்றுப் பாதைகளைத் தெரிந்து கொண்டால், அவற்றிலிருந்து இந்த இரட்டை விண்மீன் உறுப்புகளின் வேகங்களைத் தான் காணும் திசையில் கணக்கிடலாம். இதிலிருந்து இரண்டு நிறமாலைகளும் ஒரு நிறமாலைக் கருவி மூலம் ஆராயப்பட்டால் எவ்வளவு வித்தியாசம் காட்டும் என்பதையும் கணக்கிடலாம்.

இதற்கு எதிரிடையாக, ஒரு வானநூல் அறிஞர் ஒரு விண்மீனிலிருந்துவரும் ஒளியைச் சோதனை செய்தபிறகு கோடுகள் இரண்டு மடங்கு தள்ளி அமைக்கப்பட்ட கலப்பு நிறமாலை (composite spectrum) ஒன்றை அடைந்தார் எனக் கொள்வோம். இந்தக் கோடுகளின் இடப்பெயர்ச்சி முன்னும் பின்னும் சரியான நிலையிலிருந்து விலகி இருப்பதாகக் கொள்வோம். இரண்டு நிறமாலைகள் உள்ளன என்பதைக் கொண்டு வானநூலறிஞர் தாம் ஓர் இரட்டை விண்மீனை ஆராய்ச்சி செய்கிருர் என்பதை உணர்வார். இந்த இடப்பெயர்ச்சி இரண்டு வாரத்திற்கு ஒரு முறை காணப்பட்டால் இதிலிருந்து சுற்றுப்பாதையில் ஒரு தரம் செல்வதற்கு இரண்டு வாரங்கள் ஆகின்றன என்று தெரிந்து கொள்வார். இதற்குப் பிறகு இந்த விண்மீன்களை நேரடியாகப் பார்த்து அவை இரட்டை விண்மீன் என்றும் ஒன்றை ஒன்று சுற்றிவர இரண்டு வாரங்கள் ஆகின்றன என்றும் உறுதிப்படுத்துவார்.

இதே மாதிரி இன்னொரு நிறமாலையைச் சோதனை செய்து, இதிலுள்ள கோடுகள் இரண்டு நாளுக்கொருமுறை இடப்பெயர்ச்சி

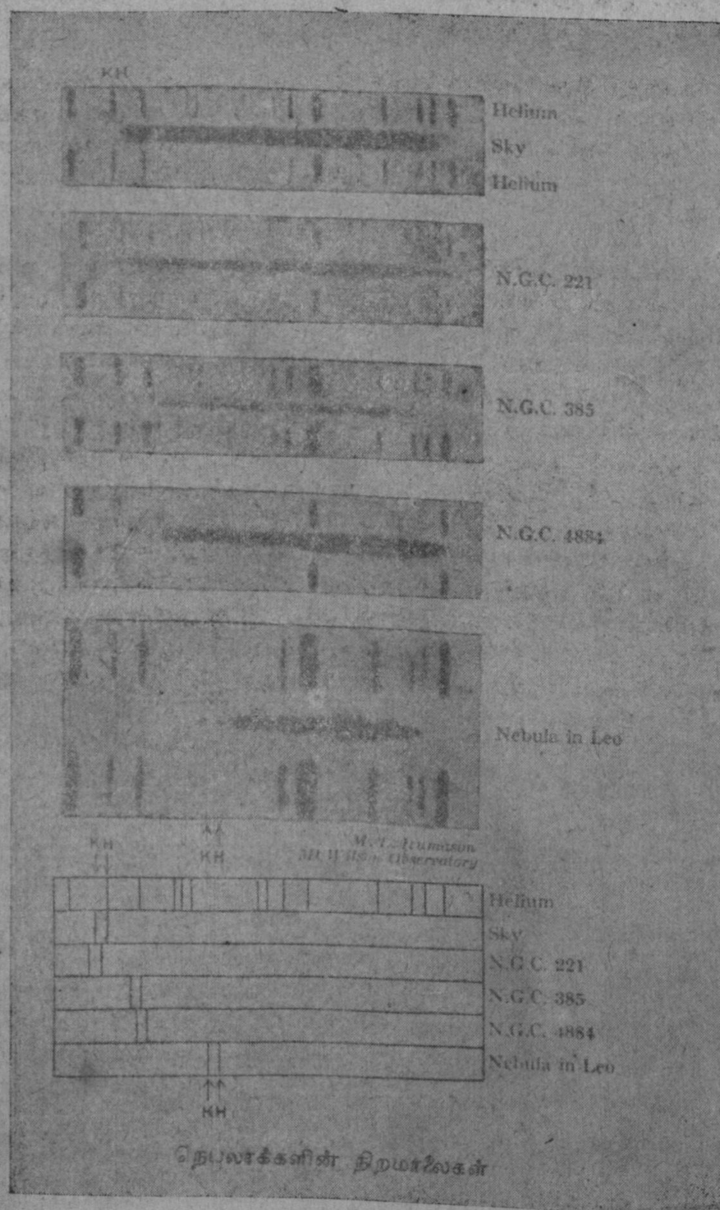
காண்பித்ததாகக் கொள்வோம். இந்த விண்மீனை நேரடியாகப் பார்த்தபோது ஒரே ஒரு வெளிச்சப்புள்ளியாகத்தான் தென்பட்ட தென்று கொள்வோம். இருந்தாலும் அவை இரட்டை விண்மீன் களாகத்தான் இருக்க வேண்டுமென்றும், அவை ஒன்றையொன்று சுற்றிவர இரண்டு நாட்கள் எடுத்துக்கொள்ளும் என்றும், அவை ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருங்கி இருக்கவேண்டுமென்றும், இவை களைத் தொலைநோக்கியால் இரண்டு தனிப்புள்ளிகளாகக் காண்பிக்க இயலவில்லை என்றும் உறுதி கொள்வார். இம்மாதிரி தொலை நோக்கியால் ஒரே புள்ளியாகக் காட்டப்பட்டு. நிறமாலைக் கருவி யினால் ஓர் இரட்டை விண்மீன் என்பது தெளிவுறத் தெரியும் இரட்டை விண்மீன்களை 'நிறமாலை வகை இரட்டை விண்மீன்கள்' (Spectroscopic Binaries) என்று சொல்வார்கள். இந்த வகையைச் சேர்ந்த இரட்டை விண்மீன்கள் கேபல்லா, ஸ்டைகா, காஸ்டர் ஆல்கால் ஆவன.

314. நெபுலாவின் நிறமாலைகள் (Spectra of Nebulae).

ஒரு விண்மீனின் இயக்கம் அதன் நிறமாலையில் எப்படி ஒரு வித மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது என்பதை ஏற்கெனவே கண்டோம். அதாவது, சிவப்பு முனைப்பக்கம் நிறமாலை நகர்கிறது. இது விண்மீன் நம்மைவிட்டு அகன்று செல்லும்பொழுது ஏற்படு கிறது. இதைப்போல் விண்மீன் நம்மை நோக்கி வந்தால் ஊதாக் கோட்டின் பக்கம் நிறமாலை தள்ளிக் காணப்படும். நெபுலாக்களின் நிறமாலைகளும் இவ்விதமே காணப்படுகின்றன. இதற்குக் காரணம் அவைகளின் இயக்கமா அல்லது வேறு ஏதாவது உண்டா என்பது இன்னும் ஆராயப்படுகிறது.

படம் 207-ல் ஒவ்வொன்றிலும் நடுவில் உள்ள நிறமாலை நெபுலா வினதாகும். இதற்கு மேலும் கீழுமுள்ளவை ஒப்பனைக்காகும். இவை ஹீலியத்தின் நிறமாலையாகும். இது கால்சியத்தின் H, K கோடுகளைக் காட்டுகின்றது. நகர்ந்து கொண்டிருக்கும் புவியின் இயக்கத்தை ஒட்டிதான் நெபுலாக்களின் இயக்கத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். அண்டத்தின் சுழற்சி புவியை அண்டத்தின் மையத் தைச் சுற்றி ஒரு நொடிக்கு 270 கி. மீ. வீதம் நகரச் செய்கிறது. ஆகையால புவி இந்த வேகத்தில்தான் இதற்கு பின்னிருக்கும் நெபுலாக்களைவிட்டு அகலுகிறது. அதே சமயத்தில் இதற்கு முன்னிருக்கும் நெபுலாக்களை நோக்கி நகர்கிறது. நெபுலாக்களின் இயக்கங்களை ஆராயும்பொழுது இந்த நிலையை மனதில் கொள்ள வேண்டும்.

அண்மையிலுள்ள நெபுலாக்களின் நிறமாலைகள் சிவப்பு ஊதா இந்தக் கோடுகளின் பக்கம் ஒரே அளவில்தான் தள்ளி காணப்படு


K H
Helium
Sky
Helium
N.G.C. 221
N.G.C. 385
N.G.C. 4884
Nebula in Leo
K H
K H
Helium
Sky
N.G.C. 221
N.G.C. 385
N.G.C. 4884
Nebula in Leo
K H
நெபுலாக்களின் நிறமாலைகள்

படம் 207.

கின்றன. இதற்குக் காரணம் சில நெபுலாக்கள் நம்மை நோக்கியும், சில நம்மை விட்டு அகன்றும் செல்வதலாகும்.

நமக்குத் தொலைவிலுள்ள நெபுலாக்களை எடுத்துக்கொண்டால் இவைகளின் நிறமாலையில் சிவப்பு முனைப்பக்கம் அதிகமாகக் கோடுகள் காணப்படுகின்றன. ஆகையால் தொலைவிலுள்ள நெபுலாக்கள் நம்மைவிட்டு அகன்று வருகின்றன எனச் சொல்லலாம்.

உமாசன், ஹப்பிள் (Humason and Hubble) என்ற இருவரும் முறையான இடப்பெயர்வு நெபுலாக்களின் தூரத்திற்கேற்ப இருக்கின்றது என்ற சிறந்த விதியைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்த விதி மிகத் தொலைவிலுள்ள நெபுலாக்களின் தூரத்தைச் சரியானபடி அளப்பதற்கு மிகவும் பயன்படுகின்றது. இதுவரை அளக்கப்பட்ட அதிக வேகங்கள், பூட்ஸ் (Boots), உர்சா மேஜர் (Ursa major), என்ற இரண்டு கொத்துகளின் வேகங்களாகும். அவை முறையே நொடிக்கு 24,500 ; 26,000 மைல்களாகும். இஃது ஒளியின் நேர்வேகத்தில் 7-ல் ஒரு பங்காகும். இந்த வேகத்தில் செல்லும் ஒரு துகள் புவியை ஒரு நொடியில் சுற்றிவரும். இதிலிருந்து கொத்துகளின் தூரங்களை முறையே 230, 240 மிலியன் ஒளி ஆண்டுகள் எனக் கண்டுள்ளார்கள். இத்தொலைவிலிருந்தும், இதற்குமதிகப்பட்ட தொலைவிலிருந்தும் வரும் ஒளி நிறமாலை சோதனைக்குட்பட்டுள்ளது என்பது மிக வியப்புக்குரியதாகும்!

23. ரேடியோ வானியல்

(Radio Astronomy)

315. மின்காந்த அலைகள் (Electro magnetic waves)

1860-ல் ஸ்காட்லாந்தைச் சேர்ந்த பௌதிக நிபுணர் ஜேம்ஸ் கிளார்க் மாக்ஸ்வேல் (James Clark Maxwell) மின்காந்தம் முதலியவைகளுடன் சம்பந்தப்பட்ட ஒரு கதிர் வீச்சுக் குடும்பம் இருக்க வேண்டுமென அறிவித்தார். நாம் காணும் சாதாரண ஒளி இக் குடும்பத்தின் ஒரு பகுதிதான். 25 வருடங்களுக்குப் பின்தான் அவருடைய அறிவிப்பின் ஆதாரத்தைக் கண்டனர். 1887-ல் ஜெர்மானிய இயல்பியல் நூல் நிபுணர் ஹென்ரிச் ருடால்ப் ஹெர்ட்ஸ் (Henrich Rudolf Hertz) என்பவர் தொழிற்சாலையில் உபயோகப்படும் மின் சுருளிலிருந்து ஊசலாடும் மின்னைமின்பொறி மூலம் உண்டாக்கினர். இவ்வாருக அவர் மிகவும் அதிகமான அலை நீளங்களைக் கொண்ட வீச்சுகளை உண்டாக்கினர். இவ்வாருக அவர் மிகவும் அதிகமான அலை நீளங்களைக் கொண்ட வீச்சுகளை உண்டாக்கிய தோடல்லாமல், அவைகளின் இருப்பையும் தெளிவாகக் காட்டினர். இவைகளின் அலை நீளங்கள் கீழ் சிவப்புக் (infra red) கதிர்களைவிட அதிக நீளமுள்ளவை. இவற்றைத்தான் 'ரேடியோ அலைகள்' (radio waves) என்கிறோம்.

ஹெர்ட்ஸின் கண்டுபிடிப்புக்குப் பத்து ஆண்டுகளுக்குள் நிறமாலைக்கு அப்பால் ஆராயத் தொடங்கினர். 1895-ல் ஜெர்மன் நாட்டு பௌதிக நிபுணர் வில்ஹெல்ம் கோன்ராட் ராண்ட்ஜென் (Wilhelm Konrad Roentgen) ஒரு வியப்புக்குரிய கதிரியக்கத்தைக் கண்டுபிடித்தார். இதைத்தான் அவர் 'எக்ஸ் கதிர்கள்' (X-ray) என்று அழைத்தார். அவைகளின் அலை நீளங்கள் 'அல்ட்ரா வயலெட்'டை விடக் குறைவாக இருந்தன. பின்னர் 'காமாக் கதிர்கள்' (Gamma rays) கண்டுபிடித்து அவை கதிரியிக்கத்துடன் சம்பந்தப்பட்டவை யென்றும், அவை எக்ஸ் கதிர்களை

விடக்குறைவான அலை நீளங்களை உடையன என்றும், ஆங்கிலேய பௌதிக நூல் வல்லுநர் எர்னஸ்ட் ரூதர்போர்ட் (Ernest Rutherford) காட்டினார். பரந்த வெளியிலிருந்து பல்வேறு அலை நீளங்களில் வந்து பூமியைத் தாக்குகிற ரேடியோ அலைகள், அகச் சிவப்பு அலைகள் (infra red waves), ஒளி அலைகள் (light waves), புற ஊதா அலைகள் (ultra violet waves), எக்ஸ் கதிர்கள் (X-rays), காமாக் கதிர்கள் (gamma rays) முதலியவை மின்காந்த அலைகள் எனக் குறிக்கப்படுகின்றன.

ஒளி அலைகளை ஒரு வகை மின்காந்த அலைகளெனக் கூறினோம். நம் பார்வைக்கு எட்டக் கூடிய ஒளி அலைகள் 4×10^{-5} செ.மீ. இலிருந்து $7 \cdot 2 \times 10^{-5}$ செ.மீ. வரை அலை நீளங்களை உடையதாகும். இது போலவே பொதுவாகச் சில மில்லி மீட்டர், சென்டி மீட்டர், மீட்டர் நீளமுள்ள அலைகளை 'ரேடியோ அலைகள்' எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

நாம் பார்க்கும் ஒளியின் அலை நீளங்களை மைக்ரான் (microns) அளவில்தான் அளக்கின்றனர். (மைக்ரான் = ஒரு மீட்டரில் மில்லியனில் ஒரு பாகம்). அவை 0·39 மைக்ரான் (கடைசியிலுள்ள வயலட்) முதல் 0·78 மைக்ரான் (கடைசிச் சிவப்பு) வரை உள்ளன. அடுத்தபடியாகக் 'கீழ் சிவப்புக்கு அண்மையிலுள்ளவை' 0·78 மைக்ரான் முதல் 20 மைக்ரான்கள் வரை ஆகும். அதற்குப் பிறகு கடைசிக் 'கீழ் சிவப்பு' 20 முதல் 1000 மைக்ரான் வரை அலை நீளங்களில் இயங்குகின்றன. 'மைக்ரோ அலைகள்' (Micro waves) என்று அழைக்கப்படும் ரேடியோ அலைகள் 1000 முதல் 1,60,000 மைக்ரான்கள் வரை உள்ள நீளத்தில் ஓடுகின்றன. நீள அலைகளுடைய அலைகள் பல மில்லியன் மைக்ரான்கள் அளவில் இயங்குகின்றன.

316. ஒளித் தொலை நோக்கியும், ரேடியோ தொலை நோக்கியும் (Optical Telescope and Radio Telescope)

கலிலியோ என்பவர் ஒளித் தொலை நோக்கியின் தந்தை யாவார். ஒளித் தொலை நோக்கி, தொலைவிலுள்ள பொருளினின்று வெளிப்படும் அல்லது சிதறடிக்கப்படும் ஒளியால் அப்பொருளின் இயைபை உணர்த்தக் கூடியதாகும். ஓரளவில் வானியல் வளர்ச்சியை ஒளித் தொலை நோக்கி வளர்த்தது எனலாம். ஆனால் வெகு தொலைவிலிருந்து வெளிப்படும் ரேடியோ அலைகள் தம் பிறப்பிடத்தின் தன்மையைக் காட்ட வல்லவை. பிறப்பிடத்திலுள்ள பொருளின் தன்மையை உணர உபயோகப்படும் எலெக்ட்ரானியல் அமைப்பைத்தான் 'ரேடியோ தொலை நோக்கி' (Radio Telescope)

எனச் சொல்கிறோம். சென்ற கால் நூற்றாண்டில் வானியல் ஆராய்ச்சியில் புரட்சிகரமான புதுமைகளை ரேடியோ தொலை நோக்கி மூலம் கண்டறிந்துள்ளார்கள்.

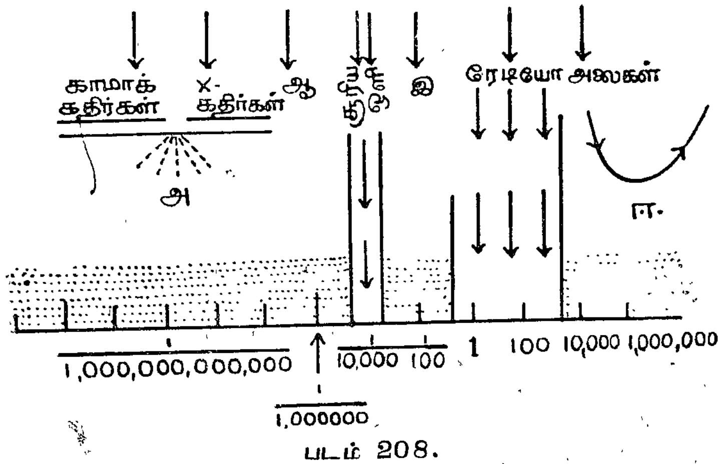
317. ரேடியோ வானியல் வரலாறு (History of Radio Astronomy)

ரேடியோ வானியல் ஆராய்ச்சி உண்மையான ஆர்வத்துடன் 1945 ஆம் ஆண்டில் தொடங்கப் பெற்றது. ஆனால் 1931 ஆம் ஆண்டிலேயே இவ்வாராய்ச்சிக்கு வித்திடப்பட்டது. மீண்டும் சொல்லப் போனால் 60 ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே சர் ஆலிவர் லாட்ஜ் (Sir Oliver Lodge) என்ற ஆங்கில விஞ்ஞானி கதிரவனி லிருந்து வரும் சைகைகளைப் பற்றிக் கூறியுள்ளார். ஆனால் அக் கருத்து யாருடைய கவனத்தையும் ஈர்க்கவில்லை. 1931 ஆம் ஆண்டில் கார்ல் ஜான்ஸ்கி (Karl Jansky) என்ற அமெரிக்க நாட்டு விஞ்ஞானி கதிரவனிலிருந்து வரும் சைகைகளைக் கேட்டார். இது எப்படி நிகழ்ந்ததெனப் பார்ப்போம்.

கார்ல் ஜான்ஸ்கி என்பவர் தம் கல்லூரிப் படிப்பை முடித்து விட்டு பெல் தொலை பேசி ஆய்வுக் கூடத்தில் (Bell Telephone laboratories) வேலைக்குச் சேர்ந்தார். இவர் உடல் நிலை காரண மாக இவரைக் கிராமப் பக்கத்திற்குச் சென்று ரேடியோ ஏற்பியலில் (Radio receiver) அடிக்கடி ஏற்படும் சலசலப்பின் காரணத்தை அறியும்படி பணித்தார்கள். இந்தச் சிறு வாய்ப்பு மண்ணுலகத் திற்கும் விண்ணுலகத்திற்கும் தொடர்பேற்படுத்த ஒரு பெரு வாய்ப்பாக அமைந்தது. 1932-ல் தம் 27 ஆவது வயதில் முதன் முதலாக அவர் விண்மீனிலிருந்து வரும் சைகைகளைக் கேட்டார்.

ஜான்ஸ்கி 100′ அகலமுள்ள ஒரு பெரிய ஏற்பிசையைச் (Receiver) செய்தார். 'ராட்டினும் தூரி' போல் தோன்றிய திசையில் அது திரும்பக் கூடிய வகையில் அதை அமைத்தார். தன் காதொலிக் கருவியை காதில் மாட்டிக் கொண்டு இவ்வித ஒலிகள் எங்கிருந்து வருகின்றன என்பதைப் பற்றி ஆராயத் தொடங்கினார். அவருடைய காதில் விழக் கூடிய மெல்லிய 'ஹிஸ்' என்ற ஒலியைப் பற்றி அவர் சிந்தித்தார். இச் சத்தம் வரும் திசையையும், அவ்வொலி 23 மணி 56 நிமிடம் கால வட்டம் பெற்றிருப்பதையும் அவர் உணர்ந்தார். இக் காலவட்டம் ஒரு விண்மீன் வழி நாளாகும் என்று தெரியும். ஆகவே இவ் வொலியின் பிறப்பிடம் வான வெளியிலுள்ளது எனக் கண்டார். மேலும் ஆராய்ந்து இவ்வொலி மிகுந்த அளவில் பால்வழி மண்ட லத்தின் மையத்திலிருந்து வருவதாகவும், இவைகளின் தோற்று

வாய்கள் பால்வழி மண்டலம் பூராவும் பரவியுள்ளது எனவும் ஊகித்தார். விண்மீன்களிலிருந்தோ அல்லது விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட வெளியிலிருந்தோ இவைகள் புறப்படக் கூடும் எனக் கண்டார். கதிரவனிலிருந்தும் வரலாமென அவர் ஊகித்து ஆராய்ச்சியை மீண்டும் தொடங்கத் திட்டமிட்டார். வானியலை நன்ருகப் படித்துவிட்டு மீண்டும் சைகைகளைக் கேட்டு இவ்வொலியின் பிறப்பிடங்கள் பால் வழி மண்டலத்தின் முழுவதிலும் பரவலாக இருக்குமென முடிவுக்கு வந்தார்.



படம் 208.

கதிர் வீச்சின் அலை நீளங்கள் செ.மீட்டரில் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

அ. காமக் கதிர்களும் X-கதிர்களும் வளி மண்டலத்தில் சிதறியடிக்கப்பட்டு விடுகின்றன.

ஆ. புற ஊதாக் கதிர்கள் வளிமண்டலத்தில் உட்கவரப் படவும் சிதறியடிக்கப் படவும் ஆகின்றன.

இ. அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் வளிமண்டலத்தில் உட்கவரப் படவும் சிதறியடிக்கப் படவும் ஆகின்றன.

ஈ. மிகுந்த அலை நீளமுள்ள ரேடியோ அலைகள் வழிப் படுகையால் திருப்பியனுப்பப் படுகின்றன.

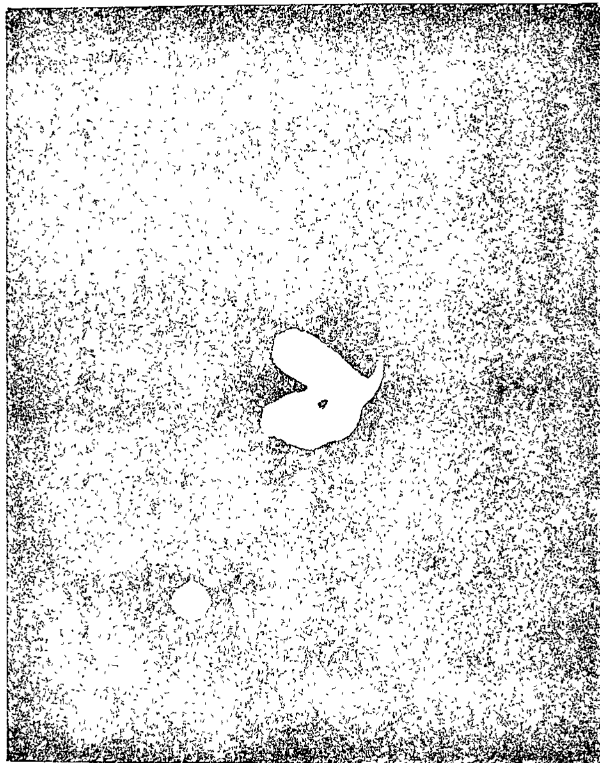
ஒரு ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி (Heinrich Hertz), ஹெயனரிச் ஹெர்ட்ஸ் என்பவர்தாம் முதன் முதலாக ரேடியோ அலைகளைக் கண்டுபிடித்தார். இந்த ரேடியோ அலைகள் மூலம் செய்திகள் அனுப்ப முடியும் என்று பலர் கூறியதை அவர் உன்னிப்பாகக் கவனிக்கவில்லை. ஆனுல் அவரைத் தொடர்த்து வந்த விஞ்ஞானி மார்கோனி (Marconi) கார்ன்வாலிலிருந்து அனுப்பிய

செய்தி நியூபௌண்ட்லண்டில் $\frac{1}{100}$ நொடிக்குள் சேருவதை நிரூபித்தார். நம் பூமியைச் சுற்றியுள்ள அயனி மண்டலம் (Ionosphere) ஒரு ரேடியோ ஆடியாக (Radio mirroir) அமைந்து, பூமியிலிருந்து புறப்படும் ரேடியோ அலைகள் ஊடுருவ விடாமல் பிரதிபலித்து, மீண்டும் மீண்டும் பூமியின் மேற் புறத்தாலும், படுகையினாலும் பிரதிபலிக்கப்பட்டு நியூ பௌண்ட்லாண்டிலுள்ள ஏற்பியில் சிக்கி அவ்வொலியை அங்குள்ளவர்களுக்குத் தெரியப் படுத்தியது. மிகச் சிறிய அலைநீளம் அதாவது ஒரு சில மீட்டர் அல்லது அதற்குக் குறைவான அலை நீளங்களையுடைய ரேடியோ அலைகள் மட்டுமே அயனி மண்டலத்தைத் தாண்டி வர முடிகிறது. அதிக நீளமுள்ள ரேடியோ அலைகள் ஆகாயத்திலிருந்து வருகையில், மின்னூட்டப் படுகை மேல் பட்டுப் பிரதிபலிக்கப்பட்டு, திருப்பி விடுகின்றன. சில சென்டி மீட்டர் நீளமுள்ள ரேடியோ அலைகள் அயனி மண்டலத்தின் மேல் பட்டு ஊடுருவ முடியாமல் உட்கவரப்பட்டு விடுகின்றன.

ஜான்ஸ்கியின் கண்டுபிடிப்பு உலகமெங்கும் பரவியது. அவருடைய 'ராட்டினும் தூரி' போலுள்ள ஏற்பியின் மூலம் ரேடியோ சைகைகளை நியூயார்க்குக்கு அனுப்பி அங்குள்ளவர்களைக் கேட்கும்படி செய்தார். அவர் மேலும் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட விரும்பினர். ஆனால் அவருக்குத் தம் நிறுவனத்தாரிடமிருந்து அனுமதியோ உதவியோ கிட்டவில்லை. அவரால் தொடர்ந்து ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட முடியவில்லை. ஆனால் அவருடன்கூட பணிபுரிந்த அவர் நாட்டு ரேடியோ பொறியியல் வல்லுநர். குரோட் ரேபர் (Grote Reber) என்பவர் ஜான்ஸ்கியின் ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து நடத்த முற்பட்டார். 30′ விட்டமுள்ள தட்டை வடிவம் பெற்ற ஏற்பியைத் தம் வீட்டுப் பின்புறத்தில் நிர்மாணித்து வானுலகை ஆராயத் தொடங்கினர். அவருடைய 30′ ஏற்பியே ஜாட்ரல் பாங்கிலுள்ள பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கியின் முன்னோடியாகும் ஜான்ஸ்கியின் சொந்த நாடாகிய அமெரிக்காவில் இந்த கண்டுபிடிப்பில் மிகுந்த ஆர்வமும் கவனமும் செலுத்தவில்லை! ஆனால் இங்கிலாந்து, ஆஸ்திரேலியா, ஹாலண்டு முதலிய நாடுகளில் ஆகாயத்திலிருந்து வரும் ரேடியோ சைகைகளை ஆராயத் தொடங்கினர். ஜான்ஸ்கி 1950-ல் தமது 44-வது வயதில் இறைவனடி சேர்ந்தார். அவர் மண்ணுலகத்திற்குப் புரட்சிகரப் புதுமைகளை விளக்கும் 'வானொலிச் சன்னல்' அமைத்த ஓர் அரும் பெரும் விஞ்ஞானியாவர்.

இரண்டாம் உலகப் போர் முடிந்து திரும்பிய விஞ்ஞானிகள் பழைய ராடர்களைப் பயன்படுத்திப் புதிய முறையில் வானியல்

ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டனர். ரேடியோ வானியல் அன்று முதல் வளர்ந்தோங்கத் தொடங்கியது. அவர்கள் கதிரவனிலிருந்து வரும் ரேடியோ சைகைகளை ஆராய முற்பட்டார்கள்; பலப்பல புதுப்புது வான் பொருள்களையும் நிகழ்ச்சிகளையும் கண்டறியத் தொடங்



படம் 2.9.

மோதுகின்ற இரண்டு விண்மீன் மண்டலங்கள்—NGC 4038ம் 4039ம்

கினர். எரி. வீழ்மீன் மண்டலங்களின் பிறப்பிடத்தையும் வெடிக்கும் விண்மீன்கள், மோதுகின்ற விண்மீன் மண்டலங்கள். சுழலும் வெண் முகில்கள், வெடிக்கும் அண்டங்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டார்கள். கதிரவன் தளத்தில் கரும்புள்ளிகள் (sunspots)

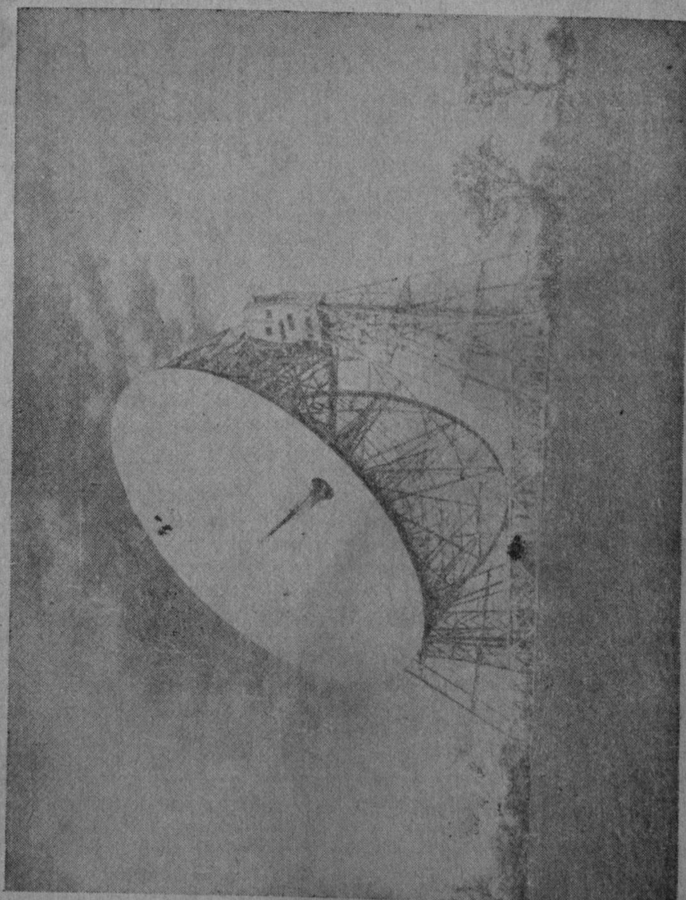
உள்ளன என்பதைக் கதிரவனிலிருந்து வரும் ரேடியோக் குறிப்புகள் மூலம் கண்டுபிடித்தார்கள்.

318 உலகத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள சில ரேடியோ தொலை நோக்கிகளும் அவைகளைப் பயன்படுத்தியதால் கண்ட பெருண்மைகளும் (Some radio telescopes in the world and discoveries made through them)

முதல் முதலாக, குரோட் ரேபர் (Grote Reber) 1938-ல் தம் வீட்டின் பின்கட்டில் ஒரு ரேடியோத் தொலை நோக்கியை நிர்மாணித்தார். அவர் தனு இராசித் திசையில் அல்லாத மற்றத் திசைகளிலிருந்து அலைகளின் மூலஸ்தானத்தைக் கண்டார் ஒன்று சைஜினி (cygini) இராசியிலும் மற்றொன்று காஸியோபியா (casseopia) இராசியிலும் உள்ளது எனக் கண்டார். வானொலி அலைகளைக் கொடுக்கும் இவ் விண்மீன்களுக்கு 'ரேடியோ விண்மீன்கள்' என்று பெயரிட்டார்கள். இவை சில சமயங்களில் விண்மீன்களல்லாவிட்டாலும் இப் பெயரே வழங்கப்பட்டது.

ஆங்கிலேயர் முதன் முதலில் பெரிய ஏற்பிகளையும், தூர தூரத்தில் தொடர்ச்சியாக வைக்கப்பட்ட வானொலி ஏற்பிகளையும் நிறுவினார்கள். இது முதன் முறையாக ஆஸ்திரேலியாவில் நிறுவப் பட்டது. இதனால் ரேடியோ அலைகள் மின்னிப்புடன் உட்கவரப் பட்டு விண்மீன்களைக் குறிப்பாகக் காண்பது எளிதாயிற்று. 250' தட்டம் இங்கிலாந்தில் ஜோட்ரல் பாங்கில் வைக்கப்பட்டது. இது தான் முதன் முறையாக நிறுவப்பட்ட மிகப்பெரிய ரேடியோத் தொலை நோக்கியாகும். (படம் 210)

1947-ல் ஆஸ்திரேலிய வான விஞ்ஞானி ஜான் C போல்டன் (John C Bolten) என்பவர் வலிமை வாய்ந்த வானொலி அலைகளை அனுப்பும் மூன்றாவது இருப்பிடத்தைக் கண்டார். இது தான் நண்டு நெபுலம். இந்த விண்மீன் வானொலிச் சைகைகளை அனுப்பியிருக்க முடியாது. ஏனென்றால் மற்ற வெள்ளைக் குள்ளர்கள் வானொலி அலைகளை அனுப்பவில்லை. ஆகையால் அனுப்பும் இடம் நெபுலத்தின் கருவைச் சூழ்ந்து விரிவடைந்து கொண்டிருக்கும் வாயுப் படலமாகத்தான் இருக்கவேண்டும். இதனால் விண்ணகத்தே விரிவடைந்து கொண்டிருக்கும் வாயுப் படலங்களிலிருந்தும் வானொலிச் சைகைகள் வரமுடியும் என்ற கருத்து வலிமை பெற்றது. விண்மீன் மண்டல மையத்திலிருந்து வரும் வானொலிச் சைகைகள் எந்தத் திசையிலிருந்து வருகின்



படம் 210.

றனவோ அந்தத் திசையிலுள்ள வாயுப்படலங்களிலிருந்து அவை வரலாம் என்றனர். வியாழனும், வெள்ளியும் கொந்தளிக்கும் காற்றுப் படலத்தை உடையவை ஆதலால் வானொலிச் சைகைகளை அனுப்புகின்றன. காஸியோபிய இராசியிலுள்ள மற்றொரு ரேடியோ விண்மீன் "காஸ்" என்பதிலிருந்து வானொலிச் சைகைகள் வருகின்றன. வால்டர் பாடியும் (Walter Baade), ருடால்ப் மின்கோவஸ்கி (Rudolf Minkowski) என்பவரும் பாலோமரில் 200" தொலைநோக்கியைச் செலுத்தி ஆங்கிலேய ரேடியோத் தொலைநோக்கியால் கண்டறிந்த வானொலி அலைகளின் இருப்பிடங்களைக் காண முயன்றனர். அவர்கள் அத் திசையில்

கொந்தளிக்கும் வாயுப் படலங்களைக் கண்டனர். அவைகள் கெப்ளரால் 1604-ல் காஸியோபியா இராசியில் காணப்பட்ட சூபர் நோவாவின் சிதைவுகளாக இருக்கக்கூடும் என்கிறார்கள்.

1951-ல் மிகவும் வியப்புக்குரிய கண்டுபிடிப்பு ஒன்று நேர்ந்தது. சைஜினிஸ் இராசியில் இரண்டாவதாக வலிமை பெற்ற ரேடியோ விண்மீன்களைக் கண்டார்கள். முதன்முதலில் பால்வழி மண்டலத்திற்கப்பால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ரேடியோ விண்மீன் இது தான். 1951-ல் பாடி 200 தொலைநோக்கி மூலம் இவ்விடத்தை ஆராய்ந்து இங்கு ஒரு விசித்திரமான இருப்பிடத்தைக் கண்டார். இது இரண்டு மையங்களை உடையதாகவும், சீர்றறதாகவும் இருந்தது. உடனே இது ஒரு விண்மீன் மண்டலமல்ல; ஆனால் இரண்டு விண்மீன் மண்டலங்களின் இணைப்பால் ஆனது என்று கண்டார். பாடி இவ்விரண்டு மண்டலங்களும் ஒன்றை ஒன்று மோதிக் கொண்டு இருக்கின்றன என்று நினைத்து மற்ற வான விஞ்ஞானிகளிடம் இக் கருத்தைப்பற்றி விவாதித்தார். ஓராண்டிற்குப் பிறகு விண்மீன் மண்டலங்களைச் சுற்றியுள்ள வாயுப் படலங்கள் ஒன்றைஒன்று மோதிக்கொண்டுள்ளன என்பதை நிறமாலைக் காட்டியின் மூலம் ஊர்ஜிதமாக்கினார்கள்.

இப்பொழுது சோவியத் நாட்டில் 350′ தட்டம் உபயோகத்திலிருக்கிறது என்று கூறப்படுகிறது. அமெரிக்க நாட்டில் சுகர் க்ரோவில் (Sugar grove) 600 ரேடியோத் தொலைநோக்கி உருவாக்கப்பட்டுக் கொண்டுவருகிறது என்று 1959-ல் அறிவிக்கப்பட்டது. இந்த அளவிலுள்ள ரேடியோத் தொலைநோக்கி ரஷ்ய நாட்டிலும் தயாராகிக்கொண்டிருக்கிறது 1000′ தட்டை ரேடியோத் தொலைநோக்கி பூர்டோ ரீகோவில் கட்டப்பட்டுக் கொண்டுவருகிறது.

319. உதகையிலுள்ள ரேடியோத் தொலைநோக்கி (Radio Telescope at Ootacamund)

உருளை வடிவம் கொண்ட மாபெரும் ரேடியோத் தொலைநோக்கி ஒன்று உதகை மண்டலத்தில் நிறுவப்பட்டுள்ளது. பம்பாய் டாடா அடிப்படை ஆராய்ச்சிக் கழகத்தின் (Tata institute of Fundamental Research, Bombay) ஆதரவுடன் பாரத அணுச் சக்திக் கழகம் நிறுவியுள்ள இந்தக் கருவி இந்த வகையில் உலகத்திலேயே மிகப் பெரியதாகும். உலகிலுள்ள மிகச் சக்தி வாய்ந்த பெரிய ரேடியோத் தொலைநோக்கிகளுள் ஒன்றென இதைச் சொல்லலாம். சூரியன், சந்திரன் பிற கோள்கள் முதலியவற்றிலிருந்து, குறிப்பாக மிகத் தொலைவிலுள்ள நட்சத்திர மண்டலத்தி



படம் 211.
உதகமண்டல ரேடியோ தொலைநோக்கி

லிருந்து வெளிப்படும் மின் அலைகளை ஆராய்வது இந்தக் கருவியின் நோக்கம்.

உதகமண்டல ரேடியோத் தொலைநோக்கி 530 மீட்டர் நீளமும், 30 மீட்டர் அகலமும் கொண்டது பிரிட்டினில் புகழ் மிக்க ஜாட்ரல் பாங்கிலுள்ள 250 அடி விட்டமுள்ள ரேடியோத் தொலைநோக்கியைவிட இது நாலு மடங்கு நுட்பமானது. இத் தொலைநோக்கி ஒரு மலைமேல் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதை அமைக்கும் மலையின் வடக்கு — தெற்கு சரிவுக்கோணம் அந்த மலை அமைந்திருக்கும் இடத்தின் அட்சரேகையின் அளவு இருக்க வேண்டும். அப்படி இருந்தால்தான் தொலைநோக்கியின் சுழலச்சு பூமியின் சுழலச்சுக்கு இணையாக அமைய முடியும். இந்த அடிப் படைத் தேவைக்கேற்றபடிதான் உதகமண்டலத்தில் இக் கருவி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது அந்த இடத்தின் வடக்கு — தெற்குச் சரிவு கோணம் 11°. உதகமண்டத்தின் அட்சரேகையும் 11° ஆகும்.

உதகமண்டலத் தொலைநோக்கியை இயந்திர உதவிகொண்டு நாள்தோறும் சுமார் 10 மணி நேரம் சுழலச்செய்து மின் அலை களின் பிறப்பிடத்தைக் காண்கிறார்கள். இந்தத் தொலைநோக்கி யின் மேல் தளத்தில் சுமார் 1100 துருப்பிடிக்காத உருக்குக் கம்பிகள் 24 சட்டங்களில் இழுத்துக் கட்டப்பட்டுள்ளன. இந்தக் கருவி முழுவதும் சுமார் 350 டன் எடை உடையதாகும்.

இந்த ரேடியோத் தொலை நோக்கியின் எல்லாப் பகுதிகளையும் உள் நாட்டிலேயே இந்தியப் பொறியியல் வல்லுநர்கள் வடிவமைத்து உருவாக்கினார்கள். மின் அலைகள் பிறக்கும் விண்மீன் மண்டலங்கள் முதலிய இலக்குகளை, குறிப்பாக மிகத் தொலைவிலுள்ள பலவீனமான இலக்குகளைத் தீவிரமாக ஆராய்வது தான் இக் கருவியின் முக்கியமான பணியாக இருக்கும். மேலும் கோள்களுக்கிடையேயான கதிர் வீச்சு பற்றிய ஆராய்ச்சியும் கோள்களிலிருந்து, குறிப்பாக வியாழனிலிருந்து வெளிப்படும் மின் அலைகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியும், கதிரவனிலிருந்து கிளம்பும் மின் அலைகள் பற்றி ஆராய்ச்சியும் இந்தக் கருவியின் முக்கியமான செயல் திட்டங்களில் அடங்கியிருக்கின்றன.

வானாராய்ச்சியில் ஒளித் தொலை நோக்கி, பேரண்டத்தை அமைதியான கட்டு திட்டங்களிக்குட்பட்ட ஒன்றாகக் காட்சியை நமக்குப் புலனாக்கியது. ஆனால் ரேடியோத் தொலைநோக்கியோ நமக்கு அதிர்ச்சியைத் தரும் வகையில் அண்டங்களிலுள்ள குழப் பங்களையும் குமுறல்களையும் நமக்குக் காட்டியுள்ளது.

குவாசர்களும், பல்சர்களும் (Quasars and Pulsars)

320. குவாசர்கள் (Quasars)

குவாசர்கள் என்ற பொருட்கள் விண்மீன்களும் அல்ல, விண்மீன் மண்டலங்களும் அல்ல. அவை இன்னவை என்பது இன்னும் முடிவு செய்யப்படவில்லை. மிகத் தொலைவிலிருந்து அவை ரேடியோ அலைகளை வீசிக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் வலிமை குறைந்தனவாக இருக்கின்றன. அவை விட்டு விட்டும் வருகின்றன. முதலில் அவை பால் வழி மண்டலத்தைச் சேர்ந்தவை என நினைத்தார்கள். தொடர்ந்த ஆராய்ச்சியின் முடிவாக அவை பால் வழி மண்டலத்திற்கப்பால் பிறப்பிடம் பெற்றவை எனக் கண்டுள்ளார்கள். அவை விரிந்து செல்லும் பேரண்டத்தில் நமமை விட்டு விநாடிக்கு 96,000 கி.மீ. வேகத்தில் விலகிச் செல்கின்றன என்று கணக்கிடுகிறார்கள்.

321. பல்சார்கள் (Pulsars)

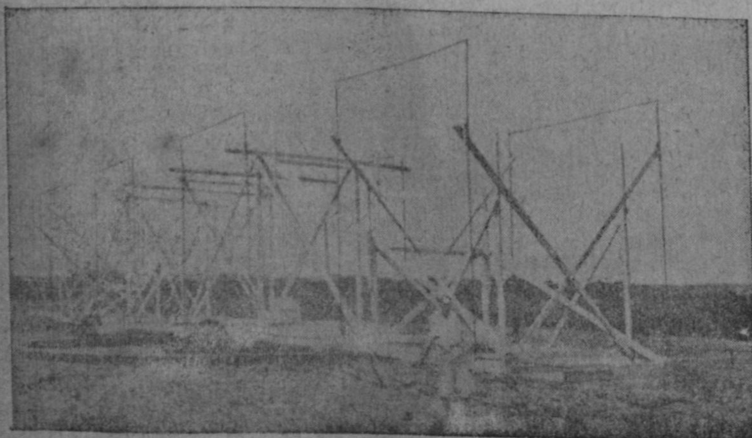
1967 ஆம் ஆண்டில் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழக விஞ்ஞானிகள் விண்ணிலிருந்து புதுமையான ரேடியோ அலைத் துடிப்புகள் (Radio pulses) பூமிக்கு வந்ததைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்த ரேடியோ அலைகள் மிக ஒழுங்காகவும் அதிக ஆற்றலுடனும் வந்தன. சரியாகச் சொன்னால், 1·337 விநாடிக்கு ஒரு துடிப்பாக அவை பூமியை அடைந்தன. இத்தகைய ரேடியோ அலை துடிப்புகளை வெளியிடும் விண் பொருளுக்கே பல்சார் (pulsar) என்பது பெயர். இஃது பல்சேடிங் ஸ்டார் (pulsating star) என்ற சொற்றொடரின் சுருக்கமெனலாம். அண்மையில் நண்டு நெபுலாவில் (Crab Nebula) ஒரு பல்சார் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து விநாடிக்கு 30 துடிப்புகள் வீதம் ரேடியோ அலை வெளிப்படுகிறது.

பல்சாரின் அமைப்பு என்ன ? ஒரு விண் பொருள் ரேடியோ அலைத் துடிப்புகளை வெளியிடுமானால், துடிப்புகளை வெளியிடும் பொருள் சுருங்கி விரிய வேண்டும் ; அல்லது ஓர் அச்சைச் சுழல வேண்டும். சுருங்கி விரிந்து கொண்டிருக்கும் பொருள் ஒவ்வொரு முறை சுருங்கும் பொழுதும் ரேடியோ அலை வெளிப்படும். ஓர் அச்சைச் சுற்றி சுழலும் பொருள், ஒவ்வொரு சுழற்சியின் முடிவிலும் பூமியை நோக்கி ரேடியோ அலைகள் வீச வேண்டும். வேகமாகத் துடிப்புகள் வெளியாவதால் அப் பொருள் சிறியதாக இருக்க வேண்டும்.

சில விண்மீன்கள் தம் சுய ஈர்ப்பு விசை காரணமாக இறுகிச் சிறிதாகலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் கண்டுள்ளனர். அவ்வாறு இறுகும்பொழுது அணுக்களில் உள்ள அணுக்கருக்கள் ஒன்றை ஒன்று ஒட்ட நெருங்கி வருகின்றன. அப்பொழுது அணுக்கருவிலுள்ள புரோட்டான்களும் (நேர் மின்சாரமுடையவை), அணுவிலுள்ள எலெக்ரான்களும் (எதிர்மின்சார முடையவை) நெருங்குகின்றன. ஆகையால் எதிர்மாருன மின்சாரங்கள் நடுநிலைமைப்பட்டு புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்களாக மாறுகின்றன. இவற்றிற்கு மின்சாரம் இல்லை. இத்தகைய விண்மீன்களுக்கு நியூட்ரான் விண்மீன்கள் (Neutran Stars) என்பது பெயர். இத்தகைய நியூட்ரான் விண்மீன்கள்தாம் ரேடியோ அலைத் துடிப்புகளுக்குக் காரணமாக இருக்கவேண்டுமென்று போதிய ஆதாரங்களுடன் கூறுகிருர்கள். டாக்டர் தாமஸ் கோல்டு என்பவர் காஸ்மிக் கதிர்களின் ஆற்றலுக்குப் பல்சார்கள் காரணமாக இருக்கக்கூடும் என்ற கூற்றை வெளியிட்டுள்ளார்.

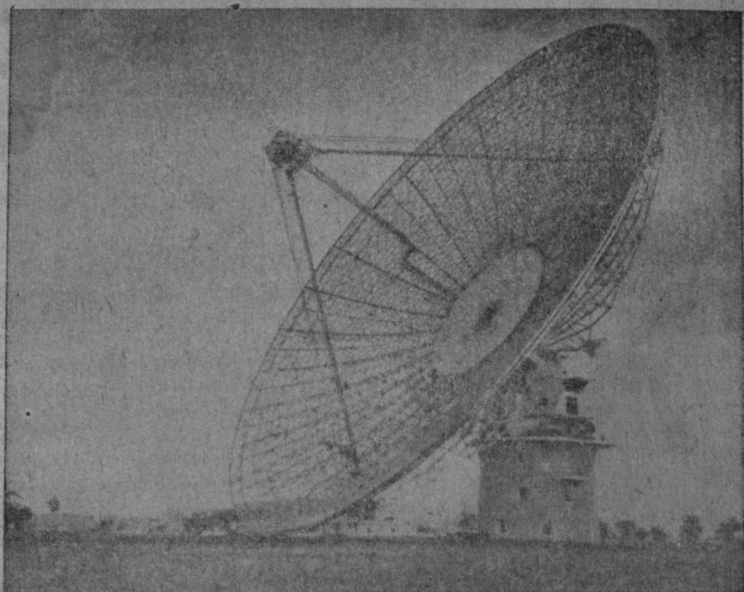
ஆகவே வானியல் ஆராய்ச்சிக்குப் புதுப்புது விளக்கங்களைக் குவாசர்களும் பல்சார்களும் தரக்கூடும் என வானியல் விஞ்ஞானிகள் பெரிதும் நம்புகிருர்கள்.

321.1 உலகத்திலுள்ள சில ரேடியோத் தொலைநோக்கியின் நிழல் படங்கள் (Photographs of some of the Radio Telescopes in the world)



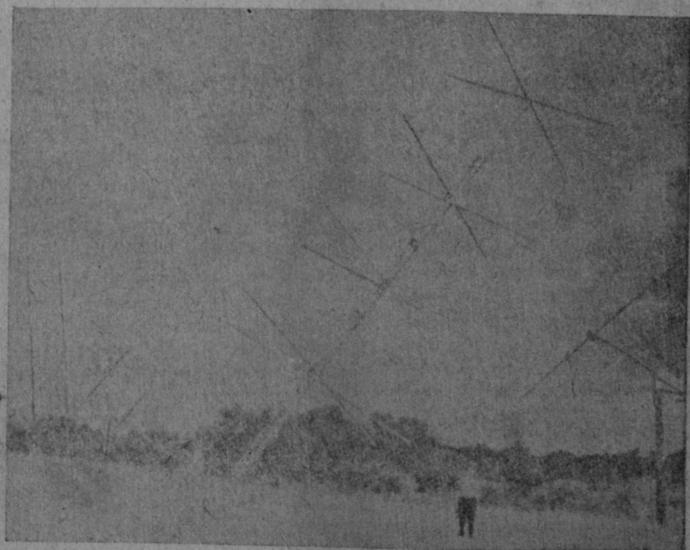
படம் 212.

கார்ல் ஜான்ஸ்கியின் ராட்டினம் தூரியைப் போன்ற சுழலும் ஏற்பி. இதைக்கொண்டு அவர் வானொலிச் சைகைகளைக் கண்டுபிடித்தார்.



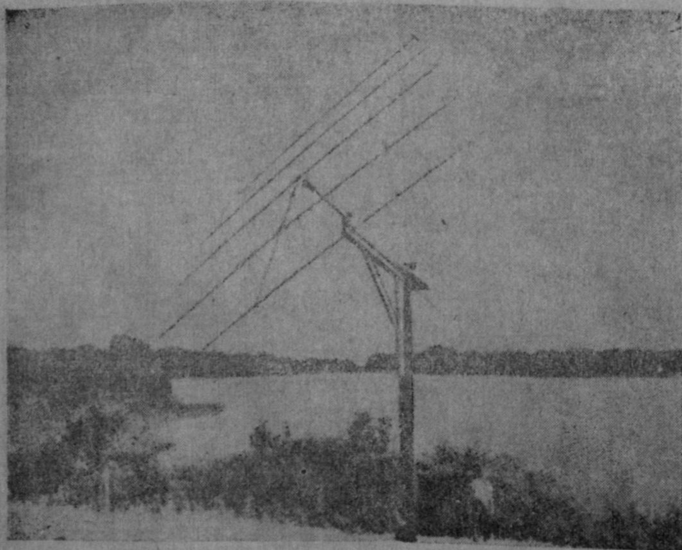
படம் 213.

C. S. I. R. O. ஆஸ்திரேலியாவில் அண்மையில் கட்டப்பட்ட 210′ விட்டமுள்ள பரவளைய அமைப்பைப்பெற்ற ரேடியோத் தொலைநோக்கி.



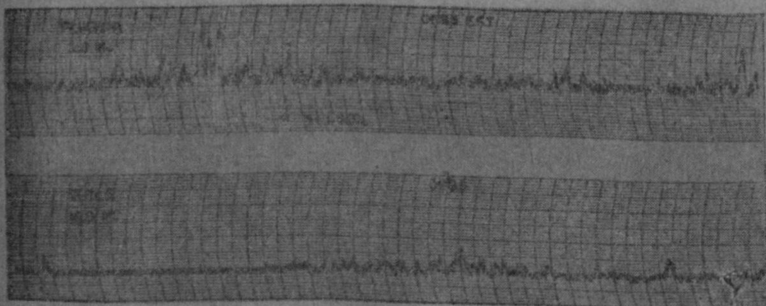
படம் 214.

ஃபிளாரிடா பல்கலைக்கழக ரேடியோ வானாராய்ச்சிக் கூடத்தில் நிறுவப்பட்ட பெருக்கற் குறி போன்ற அமைப்பிலுள்ள ஏற்பி



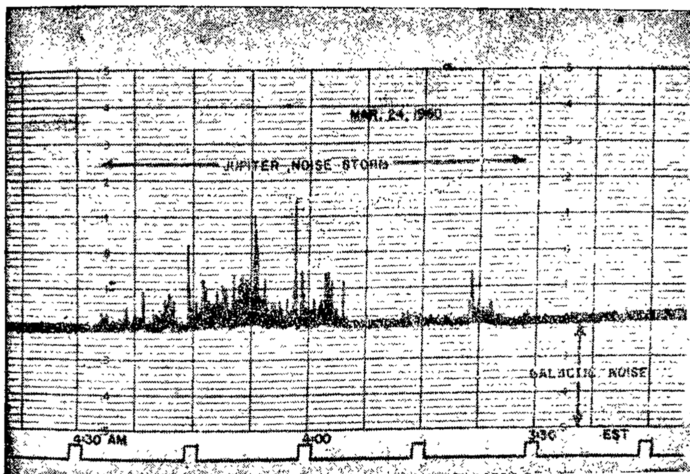
படம் 215.

ஃபிளரிடா பல்கலைக்கழக வானாராய்ச்சிக் கூடத்தில் அமைக்கப்பெற்ற ஒளித்திருப்பி.



படம் 216.

ஃபிளரிடாவிலுள்ள ரேடியோ தொலைநோக்கி மூலம் பெற்ற ரேடியோ சைகைகளின் குறியீடுகள். முதலிலிருப்பது ஃபிளாரிடாவிலும், இரண்டாவதாக உள்ளது சிலியிலும் ஒரே நேரத்தில் குறிக்கப்பட்டவை.



படம் 217.

வியாழனிலிருந்து வரும் ரேடியோ சைகைகள் அங்கு புயலிருந்தபொழுது குறிக்கப்பட்டது.

24. வானியல் வரலாற்றின் சுருக்கம்

(A Brief History of Astronomy to the present day)

322. நாமறிந்த அளவில் மனிதனுடைய மூளை மிக அற்புதமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள பொருளேயாகும். பலதரப்பட்ட உணர்வுகளைக் கிரகித்து, வகைப்படுத்தி, சேகரித்து வைக்கும் ஆற்றல் மூளைக்கு உண்டு. மனிதனுடைய அறிவார்வம் படிப்படியாக வளர்ந்து புலன்களுக்கு எட்டாத பொருள்களுக்குச் செல்கிறது. இதன் விளைவாக மிகவும் முன்னேற்றமான பொருள்களில் மூளை மூழ்கித் திளைக்கிறது. இவ்வளர்ச்சியின்பொழுது, அறிவார்வம் பயன் தரும் அறிவிலிருந்து ஆன்மீக நிறைவு தரும் அறிவுக்கும், பிறகு தூய்மையான அறிவிற்கும் செல்கிறது. 'வானத்தின் உயரம் என்ன?' அல்லது 'விட்டெறியும் கல் ஏன் கீழே விழுகிறது?' என்பன போன்ற வினாக்கள் மூலமாக அறிவானது அறிவுக்காகவே விடை தேடுகிறது. இந்தகைய வினாக்களைக் கையாளுவதற்கான சிறந்த முறை ஆன்மீக நிறைவு தரும் வகையில் விடைகளைத் தயாரிப்பதாகும். இந்த அடிப்படையில் தான் பூமியில் வாழும் மனிதன் தொன்று தொட்டுத் தன்னைச் சுற்றியிருக்கும் விண்மண்டலத்தில் காட்சியளிக்கும் பொருள்களைப் பற்றிப் பேரார்வம் காட்டியதும், இன்னும் காட்டி வருவதுமாகும். இவன் கொள்கையை ஆராயக்கூடிய சிறப்புப் பண்புகள் பெற்ற அறிவியற் பகுதியே 'வானியல்' பகுதியாகும்.

பண்டைக்காலத்தில் வானியலும் சோதிடக் கலையும் ஒன்றோடொன்று இணைபிரியாது வளர்ந்து வந்த கலைகளாகும். சோதிடக் கலையிலுள்ள பேரார்வமே சில வானியல் வல்லுநர்களை உருவாக்கியுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, கெப்ளர் என்ற வானியல் விஞ்ஞானி வானியல் ஆராய்ச்சிலும், கண்டுபிடிப்பிலும் அழியாப் புகழ் பெற்றவர். இவருடைய கோள்களின் இயக்க விதிகள் வானியல் ஆராய்ச்சிக்கே அடிக்கல் போன்றவையாகும். இவர் தம் சோதிடக்

கலையின் உறுதிக்காக வான ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டு வியத்தகு கண்டுபிடிப்புகளை உலகிற்குத் தந்தார்.

கி. மு. 5000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே, எகிப்து, பாபிலோனியா, கிரேக்க நாடு, இந்தியா, சீனா, தென் அமெரிக்கா போன்ற உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் வாழ்ந்த மக்கள் வானியலிலும், சோதிடத்திலும் ஆர்வம் காட்டி வந்தார்கள் என்பதற்கு வரலாற்றுச் சான்றுகள் பல உள. நமக்குக் கிடைத்துள்ள மிகத் தொன்மையான ஆதாரங்கள் மெசபடோமியாவிலிருந்து கிடைக்கப் பெற்றவையாகும். மெசபடோமியர் ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளின் நுட்பங்களைச் செவ்வனே அறிந்திருந்தனர். பாபிலோனியாவில் சால்டிய நாட்டினர் வகுத்த மறைப்புக் காலவட்டம் இன்றும் முறை தவறாது நேர்வது பண்டைய மக்களின் சோதிட, வானியல் அறிவாற்றலுக்கு ஒரு தலைசிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். நம் நாட்டில் பண்டைய வடமொழி நூல்களிலும், தொன்மைவாய்ந்த தமிழ் நூல்களிலும் வானியல் குறிப்புகளும், சோதிடக் குறிப்புகளும் பரவலாக இருப்பதை நாம் காண்கிறோம்.

வானியல் வரலாற்றை மூன்று பெரும் காலப்பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை : (1) பண்டைக் காலத்து வானியல், (2) இடைக்கால வானியல், (3) தற்கால வானியல் என்பனவாம். கடையிரண்டு காலப்பகுதிகளில் வானியல் தலைசிறந்த சீரமைப்பைப் பெற்று, கடைசி நான்கு நூற்றாண்டுகளில் கற்பனைக்கெட்டாத அளவுக்கு வளர்ச்சி பெற்றுள்ளது. ஒவ்வொரு காலப் பகுதியிலும் வானியல் அடைந்த வளர்ச்சியைச் சுருக்கமாக ஆராய்வோம்.

பண்டைக்கால வானியல் பகுதியில் முதன்முதலாக நம் எண்ணத்துக்கு வரும் வானியல் விஞ்ஞானி தேல்சு (Thales) என்பவரே. அவர் முதிர்ந்த அறிவு பெற்றவர். அவர் எகிப்து நாட்டிற்குச் சென்று அங்குள்ள எகிப்திய துறவிகளிடமிருந்து பல வடிவ கணித உண்மைகளைத் தெரிந்து வந்தார்; அவைகளைப் பயன்படுத்தி ஓர் உருவத்தின் நிழலைக்கொண்டு அதன் உயரத்தைக் காணும் முறையை வகுத்துத் தந்தார்; ஞாயிற்றுத் திருப்புநிலைக் கிடைப்பட்ட காலத்தில் ஞாயிற்றின் இயக்கம் சீரானதல்ல எனக் கண்டார்; ஓராண்டின் காலஅளவு 365 நாட்கள் எனவும் கண்டார்; ஞாயிற்றின் கோணவிட்டம் 30 விகலைகள் எனக் கண்டார்; இருந்தாலும் பூமி தட்டையானது என்று நினைத்தார். இவர் கி. மு. 640-ல் வாழ்ந்தார்.

இவருக்கடுத்தபடியாக கி. மு. 572-ல் பித்தாகோரசு பிறந்தார். இவர் செங்கோண முக்கோணத்தின் பண்பை கி. மு 525-ல் கண்டார் இவர், பூமி கோள வடிவத்தைப் பெற்றது என்றும், ஏதோவோர் வானப்பொருளை மையமாகக் கொண்டு சுழல்கிறது என்றும் கூறினர். ஆனால் இவர் ஞாயிற்றை மையமாகக் கொள்ளவில்லை. ஆனால் இவர் அந்த மையத்தில் நெருப்புத் தோற்றுவாய் இருப்பதாக நினைத்தார். பூமிக்கெதிரில் மற்றொரு எதிர்பூமி (Counter Earth) இருப்பதாகவும், அதை பூமியிலுள்ளவர்கள் பார்க்கமுடியாதென்றும் கூறினர், நெருப்பு மையத்தைச் சுற்றி இயங்கும் வானப்பொருள்கள் தம்மைத்தாமே தம் அச்சைக்கொண்டு சுற்றுகின்றன என்று கண்டார். தற்கால வானியலின் தந்தையாகிய கோபர்நிகசு, தாம் இவரிடமிருந்து தான் தம் கருத்தின் கருவூலத்தைக் கண்டதாகக் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

இவருக்கு அடுத்தபடியானவர் 'மெட்டான்' (Meton) என்ற அதீனிய நாட்டு வானியல் விஞ்ஞானி. இவர் கி. மு. 432-ல் பிறந்தார்; ஞாயிறு, திங்கள் மறைப்புகளின் கால வட்டத்தைக் கண்டார். அதற்கு மெட்டான் கால வட்டம் (Meton cycle) என்பது பெயர். இதைப்பற்றி இப் புத்தகத்தினுள்ளே விரிவாகச் சொல்லியிருப்பதைக் காணவும்.

இவருக்கடுத்துச் சிறப்புப் பெற்ற விஞ்ஞானி அரிஸ்டாட்டில் (Aristotle) ஆவார். இவர் ஞாயிறும் திங்களும் கடவுளால் வான நெருப்பிலிருந்து உண்டாக்கப்பட்டன என்றார். இவருக்கிருந்த செல்வாக்கினால் இக் கருத்து 2000 ஆண்டுகளுக்கு நிலவியது.

சாமாசு நாட்டைச் சேர்ந்த அரிசுடார்கசு (Aristarchus) என்பவர் கி. மு, 210-லிருந்து 310 வரை வாழ்ந்தார். முதன் முதலில் கணித அடிப்படையில் வானியலைப் புரிந்து கொள்ள முனைந்தார். இவர் ஞாயிறும், விண்மீன்களும் நிலையானவை என்றும் பூமியும் மற்றக் கோள்களும் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன என்றும் உரைத்தார்

அடுத்தபடியாக சிராக்யூசு நாட்டைச் சேர்ந்த 'ஆர்கிமீடீசு' (Archimedes) என்ற கணித மேதை கி. மு. 287-ல் பிறந்தார். இவர் பித்தளை வானக் கோளம் ஒன்று செய்து அதில் ஞாயிறு, திங்கள் மற்றும் அன்று தெரிந்த 5 கோள்களையும் அவைகளின் இயக்கப் பாதைகளையும், மறைப்புகள் எப்படி ஏற்படுகின்றன என்பதையும் விளக்கிக் காட்டினர். இவருடைய விளக்கங்கள் மக்கள் மனதைக் கவர்ந்தன.

இவரைத் தொடர்ந்து இவரது சீடர் இரடாசுதெனிசு என்பவர் குருவுக்கு மிஞ்சிய சீடன் ஆகக் கூடாது என்ற முறையில், தம் குருவைப் பின்பற்றியே ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கினர். அவர் ஞாயிறு வடகோடியில் உள்ளது என்றும், அது நடுவரைக்கு அரை வட்டப் பாதையில் $\frac{11}{83}$ மடங்கு உயரத்தில் உள்ளது எனவும் கண்டார். இது 23° 51′ 20″ மதிப்பைப் பெறுகிறது. இது உண்மைக்குகந்ததாக உள்ளது எனக் காண்கிறோம்.

இவருக்குப் பின்னர் கி.மு. முதல் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த கிரேக்க அறிஞர் கிபோர்க்கசு (Hipparchus) முதன் முதலாக ஒரு விண்மீன் பட்டியலைத் தயாரித்தார். அப்பட்டியலில் 1080 விண்மீன்கள் பற்றிய குறிப்புகள் இருந்தன. அந்நூல் (Almagest) ஏறக்குறைய பத்து நூற்றாண்டுகளுக்குத் தனிச் சிறப்பு பெற்ற விண்மீன் பட்டியலாக வானியல் உலகில் விளங்கியது. இவர்தான் முதன் முறையாக கோள கணிதப் (Trigonometry) வகுத்தவர் மேட முதற் புள்ளி, துலா முதற் புள்ளி ஆகியவற்றின் பின்னகர்ச்சிகளைக் கண்டு கூறியுள்ளார். இவர் திங்களின் ஞாயிற்று வழி மாதக் கால அளவை ஒரு விநாடி அளவுக்குச் சரியாகக் கணித்தவர்.

இவரைத் தொடர்ந்து டாலமி கி.பி. 125-லிருந்து 150 வரை வானியல் உலகில் தம் கருத்துகளை வெளியிட்டார். இவர் கிரேக்க நாட்டைச் சார்ந்தவர்; எகிப்து நாட்டில் வசித்து வந்தார். இவர் பூமி அண்டத்தின் மையம் என்ற தொன்மையான கொள்கையைப் பின்பற்றினர்.

டாலமிக்குப் பின்னர் வானியல் உலகு இருளடைந்தது இக்கால இடைவெளியை இருண்ட காலம் (dark ages) எனக் குறிப்பிடுகிறார்கள். அரேபியர்கள் அலெக்சாண்டிரியாவைக் கொளுத்தி விட்டார்கள் டாலமியின் Almagest என்ற புத்தகம் எரிக்கப்படவில்லை. அரேபியர்கள் அதனைப் பெரிதும் பாராட்டினர்.

இதற்கடுத்தபடியாக போலந்து நாட்டைச் சேர்ந்த கோப்பர் நிக்கசு (Copernicus) என்ற தலை சிறந்த வானியல் விஞ்ஞானி கி.பி. 1473-ல் பூமியில் தோன்றினர். அவர் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் இயக்கத்தை ஆராய்ந்து 1530-ல் ஒரு புத்தகம் எழுதினர். அப்புத்தகத்தில் டாலமியன் கொள்கைக்கு எதிர்ப்பு தெரிவித்தார். மற்றொரு சிறு புத்தகத்தின் வாயிலாகத் தம் கொள்கையை நண்பர்களுக்குத் தெரிவித்தார் ஆனால் மதக் கோயில் அதிகாரிகள் இவரை, இவருடைய முழுப் புத்தகத்தையும் பிரசுரிக்க வேண்டுமென்று வற்புறுத்தினர். 1540-ல் தம் கைப்பிரதியை அச்சகத்

திற்கு அனுப்பி வைத்தார். '(De rovolulionibus orbitum coelestuon), என்ற இப் புத்தகத்தின் முதற் பிரதி மூன்று ஆண்டு களுக்குப் பின்னர் இவர் மரணப் படுக்கையில் இருக்கும்பொழுது இவருக்குக் கொடுக்கப்பட்டது. இவர் தகுந்த ஆதாரங்களுடனும், சான்றுகளுடனும் 'ஞாயிறு மையக் கொள்கை'யை நிலை நிறுத்தினர்.

இவரைத் தொடர்ந்து டைகோபிராகி (Tychobrahe) என்ற வானியல் விஞ்ஞானி வானுலகை ஆராய்ந்தார். இவர் டென் மார்க்கைச் சேர்ந்தவர். கி பி. 1546-ல் பிறந்தவர். 1572 நவம்பர் 11-ம் நாள் இவர் ஒரு புது விண்மீன் காசியோபியாவை விண்மீன் மண்டலத்தில் கண்டார். இது மிகப் பெரிய ஒளிர் மீனாகும் (super nova) இதற்கு டைகோ விண்மீன் (Tycho's star) எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். இந்தக் கண்டு பிடிப்பால் அவரது பேரும் புகழும் உலகெங்கும் பரவியது. டென்மார்க் அரசர் இவரைப் பாராட்டி இவருக்கு ஒரு தீவை மானியமாகக் கொடுத்தார். ஓய்வு ஊதியம் அதிகமாகக் கொடுத்தார். டைகோ ஓர் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தை அத்தீவில் நிறுவினர். இவர் கோப்பர் நிகசின் கொள்கையை ஏற்கவில்லை. இவருடைய நுண்ணிய கணித அறிவு வானியல் பகுதியைச் சிறப்புறச் செய்தது.

இவரைத் தொடர்ந்து கலீலியோ (Galelio Galilei) என்ற இத்தாலி நாட்டுப் பெரும் வானியல் விஞ்ஞானி வானுலகைத் தம் பெரும் ஆராய்ச்சிக்கு ஈடுபடுத்திப் பற்பல உண்மைகளைக் கண்டார். இவர் கோப்பர் நிகசின் கொள்கையைப் பின்பற்றியவர். இவர் தொலை நோக்கியைத் தம் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் அமைத்து அதன் மூலமாக வானுலகை ஆராய்ந்தார். இதற்கு முன் கற்பனைக் குக் கூட எட்டாதவைகளைக் கண் கூடாக இத் தொலை நோக்கியில் கண்டார். திங்கள் மற்றொரு உலகம் எனக் கண்டார்; அதன் புறப் பரப்பு, பள்ளமும் மேடும் பொருந்தியது; கரடு முரடானது எனக் கண்டார்; வெள்ளியின் பிறைகளைக் கண்டார்; பால்வழி மண்டலத்தில், பல்லாயிரக் கணக்கான விண்மீன்கள் நெருங்கிக் கிடக்கின்றன எனக் கண்டார்; சனிக் கோளின் மூன்று வளையங் களைப் பற்றி உலகிற்கு அறிவித்தார்; ஞாயிற்றின் கறைகளைக் கண்டார்; வியாழனைச் சுற்றி வரும் நான்கு துணைக் கோள்களைக் கண்டார். இந்த நிலையில், உலகிற்குத் தாம் கண்டவைகளைக் கூறும் பொழுது மத அதிகாரிகளுக்கும் இவருக்கும் பிணக்கு ஏற்பட்டது. ஆனால் இவர் தன் பணியைத் தொடர்ந்து மேற் கொண்டார்.

இவரைத் தொடர்ந்து வானியல் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்ட வானியல் விஞ்ஞானி கெப்ளர் (Kepler) ஆவார். இவர் கி பி. 1571-ல் பிறந்தவர்; சோதிட நூல் கற்றவர்; பஞ்சாங்க நிபுணர் டைகோவின் சீடர். டைகோ இறந்த பிறகு அவருடைய வாரிசாக அவரது பதவி இவருக்கு அளிக்கப்பட்டது. டைகோ தொடர்ந்த பணிகளை இவர் முழுமையாகச் செய்து முடித்தார். இவர் கோப்பர் நிகசின் கொள்கையை ஏற்றவர். இவர் 9 ஆண்டுகள் கோள்களுக் கிடையே உள்ள தொடர்பை ஆராய்ந்தார். கோள்களின் இயக்கத்தைப் பற்றிய 3 விதிகளை உலகிற்குத் தந்துள்ளார். இந்த மூன்று விதிகளும் வானியல் பகுதியின் அடிக்கல் என வான ஆராய்ச்சியாளர்கள் கருதுகிறார்கள்.

இவர் காலத்திற்குப் பிறகு கைசன்சு (Hygens) என்ற டச்சு கணித மேதை (கி. பி. 1629—1695)-ல் வான ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டு, தொலை நோக்கியின் மூலமாக சனிக் கோளின் துணைக் கோளாகிய டைட்டான் (Titan) என்பதைக் கண்டார். சனிக் கோளின் வளையங்களின் உண்மையான விளக்கங்களைக் கூறினார்.

இவரையடுத்தவர் ஸ்காட்லாந்தைச் சார்ந்த கணித நிபுணர் சேம்சு கிரிகரி (James Gregory) என்பவர். இவர் கி. பி. 1638—1675-ல் வாழ்ந்தார். இவர் 'ஒளியாண்டு' அலகை வானியல் பகுதியில் புகுத்தியவர்.

இவரையடுத்தவர் ஆங்கில நாட்டைச் சார்ந்த பெரும் மேதை ஐசக் நியூட்டன் (Isaac Newton) ஆவார். இவர் கி.பி. 1642—1727-ல வாழ்ந்தார். இவர் ஒரு பெருங் கணித நிபுணர். கெப்ளர் விதிகளைத் தொடர்ந்து இவர் தமது 'நேரெதிர் இருபடி விகித ஈர்ப்பு விதி'யை (The law of inverse squares) உருவாக்கினார். இவர் 1703-ல் விஞ்ஞான அரசவைக்குத் (Royal Society) தலைவரானார்.

இவருக்கடுத்தபடியாக ஃபிளாம்சுடீட் (Flomstead) என்ற வானியல் விஞ்ஞானி நம் பட்டியலுக்குள் வருகிறார். இவர் முதல் அரசவை வானியல் அறிஞர் (First Astronomer Royal) ஆவார். முதன் முதலாகக் கிரீனிச் விண்மீன் பட்டியலைத் தயாரித்தவர் இவரே இவர் ஒவ்வொரு விண்மீன் கூட்டத்திலுள்ள விண்மீன் களுக்கும் பெயரிடும் முறையைக் கையாண்டார். அந்த முறை இன்றும் தொடரப்பட்டுள்ளது.

இவரைத் தொடர்பவர் கேலி என்ற வானியல் விஞ்ஞானி. இவர் இரண்டாவது அரசவை வானியல் அறிஞர் (Second Astronomer Royal) ஆனார். 18 ஆண்டுகள் திங்களின் ஆராய்ச்

சியில் ஈடுபட்டார் இரண்டு வால் விண்மீன்களைக் கண்டு பிடித்தார்; அவைகளின் இயங்கு பாதைகளையும் குறிப்பிட்டார். அவைகளின் காலவட்டத்தை நுண்ணியமாகக் கண்டறிந்தார்.

இவருக்கடுத்து சார்லசு மெசையர் (Messier) என்ற பிரெஞ்சு நாட்டைச் சார்ந்த வானியல் விஞ்ஞானி 1800 ஒண் முகிற் படலங்களைப் பட்டியலாக்கினார். இவர் கொடுத்த பட்டியலில் ஆண்டிரோமீடா ஒண்முகிற் படலம் (Anderomeda Nebula) *M 31* ஆகும்.

இவரையடுத்து வில்லியம் ஹெர்சல (William Herschel) என்ற ஜெர்மானிய நாட்டு வானியல் விஞ்ஞானி யுரேனசு என்ற கோளைக் கண்டுபிடித்தார். 18"·5 ஒளித் திருப்பத் தொலை நோக்கியை நிர்மாணித்தார். இரட்டை விண்மீன்களை ஆராய்ந்தார். அவைகளில் 800 ஐப் பட்டியலாக்கினார். ஞாயிற்று உச்சியைக் (Solar Apex) குறித்தார். 2500 ஒண்முகிற் படலங்களையும், விண்மீன் திரள்களையும் கண்டார். சனிக் கோளின் 6 ஆவது, 7 ஆவது துணைக் கோள்களைக் கண்டார்.

இவருக்கடுத்தபடியாக வில்லியம் ஹக்கின்ஸ் (William Huggins) என்ற ஆங்கிலேய வானியல் விஞ்ஞானி விண்மீனின் ஆர வேகத்தை (radial velocity) கண்டுபிடித்தார் விண்மீனின் நிறமாலையைக் கொண்டு இதை முதன் முதலாகக் கண்டார். நிறமாலைக் கொள்கையை வானியல் பகுதிக்கு முதன் முதலில் புகுத்தியவர் இவரேயாவார். வானியல் ஆராய்ச்சியில் புதுப் பகுதியைத் தோற்றுவித்த பெருமதிப்பு இவரைச் சாரும்.

அடுத்தபடியாக சார்ச் எல்லரி ஹேல் (George Ellery Hale) என்ற தலைசிறந்த பௌதிக வானியல் விஞ்ஞானி, உலகிற்கே ஒரு பெரும் மாறுதலுக்குரிய சாதனைகளைச் செய்து காட்டினார். இவர் மூன்று பெரும் தொலைநோக்கிகளை நிர்மாணித்தார்.

1. 40 அங்குல ஒளிக் கோட்டமுறை தொலைநோக்கியை (Refracting tel scope) வில்சன் மலையில் நிர்மாணித்தார்.

2. 100 அங்குல ஒளித் திருப்ப முறை தொலைநோக்கியை (Reflecting te escope) வில்சன் மலையில் நிர்மாணித்தார்.

3. பாலோமார் மலையில் 200' ஒளித் திருப்பமுறை தொலை நோக்கியை நிர்மாணித்தார்.

நிறமாலை அளவைப் பயன்படுத்தி ஞாயிற்றுத் தீக்கொழுந்து களை நிழற்படம் எடுத்தார். இவருக்குத்தான் ஞாயிற்றுக் கறை களைப் பற்றிய முழு விளக்கங்களும் தெரியும்.

இவரைத் தொடர்ந்து தோன்றியவர் ஐன்சுடீன் (Albert Einstein) என்ற வானியல் விஞ்ஞானி, இவர் செர்மனி நாட்டைச் சேர்ந்தவர். இவர் பௌதிகவியல் மேதை. பௌதிகத்தில் 1921-ல் நோபல் பரிசு பெற்றார். இவரை வானியல் விஞ்ஞானி என்று முற்றிலும் ஒப்புக்கொள்வதில்லை.

இவரைத் தொடர்ந்து வானியல் ஆராய்ச்சி பற்பல பகுதிகளில் பற்பல வான, பௌதிக விஞ்ஞானிகளால் தொடரப்பட்டது பல அரிய பெரிய சாதனைகளையும் வியத்தகு கண்டுபிடிப்புகளையும் அவர்கள் உலகுக்குத் தந்துள்ளார்கள். இவற்றுள் முக்கியமான சிலவற்றைக் கால அட்டவணையாகத் தந்துள்ளோம். ஆண்டு வரிசையில் அவை கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1900 : வில்லியம் ச்ட்ருவ் (William Vaustruve) என்ற உருசிய நாட்டு விஞ்ஞானி வீகா என்ற விண்மீனின் புடைப் பெயர்ச்சியைக் கண்டார். இது 27 ஒளியாண்டுத் தொலைவில் உள்ளதாகும்.

1906 : கார்னிலசு கேபிடின் (Cornelus Kapytyn) என்ற டச்சு நாட்டு வானியல் விஞ்ஞானி பால்வழி ஆராய்ச்சியில் ஈடு பட்டார். பால்வழி 23,000 ஒளியாண்டுகள் குறுக்காகவும், 6,000 ஒளியாண்டுகள் தூரம் பருமனாகவும் உடையது என்று கண்டுபிடித்தார்.

1913 : கெர்ச் பரங்க் (Hertz Sprung) என்ற டேனிசு நாட்டு விஞ்ஞானி தண்ஒளி 2·3 உடைய சினபடு 66 நாட்கள் காலத்தை உடையது என்று கண்டார்.

1918 : கார்லோ சேப்லி (Carlo Shapely) என்ற அமெரிக்க வானியல் அறிஞர் தமது ஆராய்ச்சியின் பயனாகத் தண்ஒளி 2·3 உடைய சிபைடின் காலம் 596 நாட்கள் எனச் சொன்னார். சேப்லியின் விண்மீன் மண்டலம் 300,000 ஒளியாண்டுகள் குறுக் களவுள்ள மிகப் பெரிய மண்டலம் எனக் கணக்கிட்டுள்ளார்.

1926 : சான்ஊர்டு (John Oort) என்ற வானியல் விஞ்ஞானி விண்மீன் மண்டலத்தின் மையம் விருச்சிக ராசியில் உள்ளது என்றும், அது பூமியிலிருந்து 30,000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது என்றும், விண்மீன் மண்டலத்தின் குறுக்களவு 100,000 ஒளியாண்டுகள் என்றும் கண்டார். முன்னர் கூறியபடி 300,000

ஒளியாண்டுகள் அல்ல என்றும் சொன்னார். இவர் கூறிய மதிப்பு உண்மை என மதிப்பிடப்படுகிறது.

1929: எட்வின் பவல் கப்பில் (Edwin Powell Hubble) என்ற அமெரிக்க நாட்டு வானியல் விஞ்ஞானி விண்மீன் மண்டலம் நம்மை விட்டுத் தொலைவில் செல்லச் செல்ல அதன் வேகம் அதிக மாகிறது என்றார்.

1930 : சர் ஆர்தர் எட்டிங்சன் என்ற ஆங்கில பௌதிக நிபுணர் ஞாயிற்றின் மத்தியில் வெப்பமும், அழுத்தமும் அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும் என்றார். வெப்பம் 30 மில்லியன் டிகிரியாக இருக்கவேண்டும் என்றார். ஞாயிறு நீரக ஆவியை அதிக அளவில் பெற்றுள்ளது என்றும் கூறினார்.

1938 : கான்ஸ் ஆல்பிரட் பெதி (Hans Alfred Bethl) என்ற அமெரிக்க பௌதிக விஞ்ஞானி 10^{12} கணக்கான ஆண்டு களுக்குத் தன் ஆற்றலை வீசமுடியும் என்றும், கடந்த காலத்தில் 10^{12} கணக்கான ஆண்டுகள் வீசிக்கொண்டிருந்திருக்கவேண்டும் என்றும் கணக்கிட்டார்.



படம் 218.

1942 : வால்டர் பாடே (Walter bade) என்ற அமெரிக்க வானியல் விஞ்ஞானி ஆன்டிரோமிடாவின் மின் கூட்டத்தைத் தம் தொலைநோக்கி மூலம் பார்வையிட்டு இரண்டு வகையான

விண்மீன்கள் இங்குள்ளன என்றும், அவைகளின் தோற்றமும் வரலாறும் வெவ்வேறானவை என்றும் கண்டார். அவர் நீல விண்மீன்களைப் பாபுலேசன் — I (Population — I) என்றும், செந்நிற விண்மீன்களைப் பாபுலேசன் — II (Population — II) என்றும் குறிப்பிட்டார்.

1957 : வில்லியம் பாஃம் (William Baum) என்ற வானியல் விஞ்ஞானி விண்மீன் மண்டலங்களின் வேகம் ஒளிவேகத்தில் $\frac{2}{5}$ மடங்கு இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார்.

1959 : பிரட் காயில் (Fred Hoile) என்ற ஆங்கிலேய வானியல் விஞ்ஞானி பாபுலேசன் — I, மற்றும் பாபுலேசன் — II என்ற இருவகை விண்மீன்கள் நீரகத்தை எரித்து ஹீலியம் ஆக மாற்றுகின்றன என்றும், அவற்றுள் மெதுவாக நடைபெறும் மாற்றம்தான் பெரும்பாலான விண்மீன்களில் ஏற்படுகின்றன என்றும் முடிவு செய்தார். இந்த அடிப்படையில் விண்மீன்களின் வயது 10×10^{12} அல்லது 15×10^{12} ஆண்டுகளாக இருக்க வேண்டும் என்றார்.

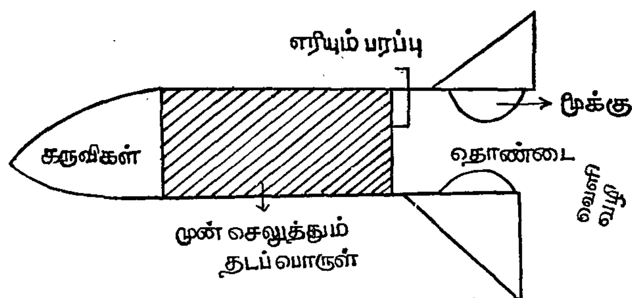
25. இன்றைய வானவெளிப் பயணத்தில் சில தகவல்கள்

(Some information in to - day's space - travel)

323. விண்வெளிக்குச் செல்லும் பெரும் பணியில் மனிதன் பல்லாண்டுகளாகவே கவனம் செலுத்தி வந்திருக்கிறான். பல நூற்றாண்டுக்கு முன்னரே கிளாஸ்கோ நகரிலிருந்த டாக்டர் வில்சன் (Dr. Wilson) என்பவர் காற்றாடியில் ஒரு வெப்பமானியைப் பொருத்தி வாயுமண்டலத்தில் பறக்கவிட்டு அங்கு உயரே உள்ள வெப்பநிலையை அளந்தார். சில விஞ்ஞானிகள் சோதனைக் கருவிகளைப் பலூன்களில் பொருத்தி அவற்றை வானில் பறக்க விட்டு ஆராய்ச்சிகளைச் செய்தார்கள். வேறு சிலர் தாங்களே பலூனில் ஏறி வானில் சென்று ஆராய்ந்தனர். இதன் பின்பு வானூர்திகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. கடைசியாக இப்பொழுது பதினைந்து ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து விஞ்ஞானிகள் ராக்கெட்டுகளில் கருவிகளைப் பொருத்தி, அவற்றை வானில் செலுத்தி பூமியிலிருந்து நூற்றுக்கணக்கான மைல்கள் உயரத்திலுள்ள நிலைகளை ஆராய்ந்தனர். இப்பொழுது ஸ்புட்நிக்கை வானில் செலுத்தியதிலிருந்து செயற்கைக் கோள்களை வானில் மிதக்கவிடுவது எளிதெனக் கண்டார்கள்.

324. வானூர்திகளும், செயற்கைக் கோள்களும் (Rockets and satellites)

மனிதன் விண்வெளியை வெற்றி கொள்ளும் முயற்சியின் துவக்கம்தான் இந்த ராக்கெட்டுகளும், செயற்கைக் கோள்களும் என்றால் மிகையாகாது. உண்மையில் ராக்கெட்டுகளைக் கொண்டு தான் நம்மால் வாயுமண்டலத்திற்கும் அப்பாலுள்ள விண்வெளிக்குச் செல்ல இயலும்.



படம் 219.

படத்தில் எளிதான அமைப்பைக் கொண்ட ராக்கெட்டு ஒன்றைக் காணலாம். 'முன் செலுத்தும் திடப்பொருள்' (propellant) இருக்குமிடத்தைக் கவனிக்கவும். எரியும்பொழுது இத் திடப்பொருள் வெப்பமான வாயுக்களை வெளிவிடும். இயற்றப் பட்ட வாயுக்கள் ராக்கெட்டைத் தள்ளி முன்னேக்கிச் செலுத்து கின்றன. எரியும் உந்துபொருள் ராக்கெட்டின் நெருப்பு அறை முழுவதையும் வெப்ப வாயுக்களால் நிரப்புகிறது. இவ் வாயுக்கள் அதன் மூக்கின் (nozzle) வழியாகச் சென்று ராக்கெட்டை உந்தும். சில திடப்பொருளாகவும் (solid), சில திரவமாகவும் இருக்கலாம். மிகப் பெரிய ராக்கெட்டுகளான வி-2 (V_2) வைகிங் (Viking) என்பவற்றுள் உள்ள உந்து பொருள்கள் திரவங்களாக உள்ளன. திரவ உந்து பொருளைக்கொண்ட ராக்கெட்டுகளில் திரவநிலையில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் (liquid oxygen) பெரும்பாலும் ஆக்ஸிடைஸராகப் (oxidiser) பயன்படுத்தப்படுகிறது. தனது ஜெட்டிற்குத் தேவையான பொருள்கள் யாவற்றையும் ராக்கெட் சுமந்து செல்கிறது. இது பறப்பதற்கு வாயுமண்டலம் வேண்டிய தில்லை. தனக்குப் பறப்பதற்குத் தேவையான வாயுக்களைத் தானே உண்டாக்கிக் கொள்வதால் காற்றே இல்லாத இடத்தில்கூட இதனால் பறக்க இயலும். சாதாரணமான வானூர்திகளுக்கும் ராக்கெட்டுகளுக்குமிடையேயுள்ள முக்கிய வேறுபாடு இதுவே யாகும். இதனால் விண்வெளியில் கோள்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ள ராக்கெட்டுகளைத் தான் நாம் பயன்படுத்தியாக வேண்டும்.

1945-ம் ஆண்டு முதற்கொண்டு வி-2 (V_2), ஏரோபீ (Aerobee), வைகிங், டீகன் முதலிய ராக்கெட்டுகளை எவ்வளவு உயரத்திற்கு அனுப்ப முடியுமோ அவ்வளவு உயரத்திற்கு அனுப்பி

வைத்து விஞ்ஞானிகள் ஞாயிற்றைப்பற்றி ஊன்றி ஆராய்ந்தனர். ஈக்கள், எலிகள், குரங்குகள், நாய்கள் முதலியவைகளை விண்வெளிக்கு அனுப்பி அவை உயிர் தங்கி வாழுமா என ஆராய்ந்தார்கள். ஏரோபீ ராக்கெட்டின்மூலம் சுமார் 60 மைல்கள் உயரத்திற்கு அனுப்பப்பட்ட குரங்கு ஒன்றுமே நேராததுபோல் திரும்பியதைக் கண்டார்கள். மனிதன் விண்வெளிக்குச் செல்ல இதுவே முதற்படியாக அமைந்தது. முதன் முதலாகக் காப்டன் இவான் சி. கிஞ்சிலோ (Captain Ivan C. Kincheloe) என்பவர் பெல்-எக்ஸ் 2 (Bell X-2) என்ற ராக்கெட் விமான மூலம் 24 மைல் உயரத்திற்குச் சென்று "அன்றையை" உலக சாதனைச்யை செய்து காட்டினார். இவர் மனிதனின் விண்வெளிப் பயணத்தின் முன்னோடி என்றால் மிகையாகாது.

வானவெளிப் பயணத்தின் இரண்டாம் படியாக, மனிதன் பூமியைச் சுற்றி வருமாறு வானில் செயற்கைக் கோளை மிதக்க விட்டான். இம்மாபெரும் வானவெளிச் சாதனையை 1957-ம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் 4-ம் தேதியன்று சோவியத் நாடு செய்து காட்டியது. இந்தச் செயற்கைக் கோளுக்கு 'ஸ்புத்நிக் I' (Sputnik I) என்று பெயரிடப்பட்டது. இதன் நிறை 83·6 கிலோ கிராம். அதன் விட்டம் 58 சென்டி மீட்டர். ஒரு முறை இது பூமியைச் சுற்றிவர 95 நிமிடங்கள் ஆகும் என்று அறிவித்தனர். பூமியைச்சுற்றி வரும்பொழுது இதன் பாதை, பூமிக்கு அருகில் வரும்பொழுது 140 மைல் உயரத்திலும், பூமிக்குத் தொலைவில் போகும்பொழுது 500 மைல் உயரத்திலும் இருந்தது. இது பூமியைச் சுற்றி வரும்பொழுது 65° வடக்கு அகலாங்கிலிருந்து 65° தெற்கு அகலாங்கு வரையில் செல்லும் என அறிவித்தனர். பூமியின் நிலப்பரப்பின் பெரும்பகுதியை, இது கடந்தது. இந்தச் செயற்கைக் கோளில் 20 மெகா சைக்கிளிலும் 40 மெகா சைக்கிளிலும் (megacycles), சைகைகளை (signals) அனுப்பும் பொறி (transmitter) ஒன்று பொருத்தப்பட்டது. இதனால் உலகின் பல பாகங்களிலிருக்கும் மக்களும் தக்க வானொலி ஏற்புக் கருவிகளின் (receivers) வாயிலாக இது அனுப்பிய சைகைகளை நன்கு கேட்க முடிந்தது. ஸ்புத்நிக்கை அதன் குறிப்பிட்ட பாதையில் சுற்றி வரும்படி அனுப்பிய கடைசிக்கட்ட (last stage) ராக்கெட் தன் பணியைச் செய்த பிறகு, தானும் பூமியைச் சுற்றி வருகையில் பலர் காண முடிந்தது.

1957-ம் ஆண்டு நவம்பர் 3-ம் தேதியன்று உயிருள்ள நாய் ஒன்றை ஏற்றிக் கொண்ட ஸ்புத்நிக் II (Sputnik II)ஐ சோவியத் நாடு வானில் பறக்கவிட்டது. இந்த இரண்டாவது ஸ்புத்நிக்கில் ஒரு வானொலிப் பரப்புப் பொறியும், இதனுள் வைக்கப்பட்டிருந்த

நாய் மூச்சு விடுவதையும், அதன் இதயம் துடிப்பதையும் அளப்பதற்கு வேண்டிய பொறியும் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருந்தன. மேலும் சர்வதேச பூ பௌதிக ஆண்டிற்குத் (International Geophysical Year) தேவையான செய்திகளை அளக்கும் கருவிகள் இதனுள் பொருத்தப் பட்டிருந்தன. இவைகளைத் தவிர, ஞாயிற்றிலிருந்து வரும் ஊதா வெளிக்கதிர்கள், எக்ஸ்-கதிர்கள் ஆகியவற்றை அளப்பதற்கும், காஸ்மிக் கதிர்களை ஆராய்வதற்கும் தேவையான கருவிகளுங்கூட இதனுள் இருந்தன. இந்த ஸ்புத்நிக்கின் நிறை சுமார் 1100 பவுண்டுக்கு மேல் உள்ளது என அறிவித்தனர்.

1958-ம் ஆண்டு ஜனவரி 31-ம் தேதி அமெரிக்காவின் முதல் செயற்கைக் கோளான எக்ஸ்புளோரர் (Explorer) வானில் பறக்க விடப்பட்டது. இந்தச் செயற்கைக்கோளை அதன் பாதையில் செலுத்த ஜுபிடர் C (Jupiter C) என்ற நான்கு கட்ட ராக்கெட் பயன்படுத்தப்பட்டது. இது பூமியை ஒரு முறை சுற்றிவர 115 நிமிடங்கள் ஆயிற்று. பூமிக்கு அருகில் வரும்பொழுது இதன் பாதையின் உயரம் 219 மைல்களாகவும் பூமியின் தொலைவில் இருக்கும்பொழுது 1587 மைல்களாகவும் இருந்தது. இவ்வாறு சுற்றிவரும் செயற்கைக்கோள் குறைந்தது 4 ஆண்டுக் காலமாவது பூமியைச் சுற்றி வலம் வந்தவாறு இருக்குமெனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

காஸ்மிக் கதிர்களை அளப்பதற்கும், செயற்கைக் கோளின் உட்புறத்திலும் மேற்புறத்திலும் தாக்கும் வெப்பநிலையை அளப்பதற்கும் தேவையான பொறிகளை இதில் பொருத்தியிருந்தனர். விண்கற்கள் இச்செயற்கைக்கோளை ஒவ்வொரு முறையும் தாக்குகையில் உண்டாகும் ஒலியைக் கணக்கிட ஒலி வாங்கி (microphone) பொருத்தப்பட்டிருந்தது. வானொலி பரப்பும் பொறிகள் இரண்டு இதனுள் வைக்கப்பட்டு இருந்தன. இவற்றுள் ஒன்று விநாடிக்கு 108·00 மெகா சைக்கில்களில், 10 மில்லி வாட் ஆற்றலுடனும், மற்றொன்று விநாடிக்கு 108·03 மெகா சைக்கில்களில் 60 மில்லி வாட்டு ஆற்றலுடனும் வானொலி அலைகளைப் பரப்பின. சில நாட்களுக்குப் பிறகு வானொலிப் பரப்பி செயலற்றதாகப் போயிற்று. இருந்தும் குறுகிய காலத்தில் அவை திரட்டித்தந்த தகவல்கள் மிக உதவியாகவும், திருப்தியாகவும் இருந்தன. ஆகையால் செயற்கைக் கோளை அனுப்புவதில் அமெரிக்காவின் முதல் முயற்சி பெரும் வெற்றியைக் கொடுத்து வானவெளி ஆராய்ச்சியை ஊக்குவித்தது என்று சொல்வது மிகையாகாது.

1958-ம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 17-ம் தேதி பிளாரிடாவிலுள்ள கனாவெரால் (Canverall) முனையிலிருந்து வான்கார்டு

(Vanguard) என்ற 72 அடி உயரமுள்ள ராக்கெட்டு வானை நோக்கிக் கிளம்பியது. கம்பீரமாக அட்லாண்டிக் கடலின் மேல் மிகுந்த வேகத்துடன் சென்று, சில நிமிடங்களுக்குப்பின் தான் தூக்கிச் சென்ற செயற்கைக்கோளை மிக உயரத்தில் பூமியை வலம் வருமாறு வீசியது. செயற்கைக் கோளின் பாதை பூமியின் மையக்கோட்டிற்கு 33° சாய்ந்து இருந்தது. பூமிக்குச் சேய்மையில் செல்லும் பொழுது இதன் உயரம் 2,513 மைல்கள் என்றும், பூமிக்கு அண்மையில் செல்கையில் இதன் உயரம் 407 மைல்கள் என்றும் கணக்கிட்டார்கள். இச்சிறு செயற்கைக் கோளானது நெடுங் காலம் வானில் வலம் வந்துகொண்டே இருக்கும். இதிலும் வானொலிப் பரப்பிகள் இரண்டு வைக்கப் பட்டுள்ளன. அவைகளுள் ஒன்று கோளின் வெளிப்புறத்தில் நீட்டிக் கொண்டிருந்தது. இது நான்கு ஏரியல் கம்பிகளைப் பெற்றிருந்தது. மற்றொன்று இரண்டு ஏரியல் கம்பிகளைப் பெற்றிருந்தது. அவைகளில் விநாடிக்கு 108·00 மெகாசைகிளில் பரப்பும் வானொலி, மின்கல அடுக்குகளிலிருந்து மின் ஆற்றலைப் பெற்றது. 108·03 மெகாசைகிளில் பரப்பும் வானொலி ஞாயிற்று மின்கலங்களிலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்றது. வானொலிப் பரப்பிகளின் வாழ்நாள் அதனுள் உள்ள கருவிகள் எந்த அளவுக்கு அண்டவெளியில் பாதிக்கப்படுகிறது என்பதைப் பொறுத்ததாகும் எனச் சொன்னார்கள்.

செயற்கைக் கோள்கள் தரும் தகவல்களிலிருந்து பூமியின் அமைப்பையும், அளவையும் நுட்பமாக அறிய முடிந்தது. செயற்கைக் கோளின்மேல் தாக்கும் வாயு இயற்றும் தடையிலிருந்து கோளின் பாதையிலுள்ள வாயுமண்டலத்தின் அடர்த்தியைக் கணக்கிட முடிந்தது. வானொலிச் சைகைகளின் அலைவு எண்களை அளந்து, அவற்றிலிருந்து கோளின் வெப்பநிலையைக் கண்டார்கள். அலைவு எண்களின் வேறுபாட்டிலிருந்து கோளின் வெப்ப மாற்றங்களைக் கணக்கிட்டார்கள். அயனி மண்டலத்தால் வானொலிச் சைகைகளில் விளைவிக்கப்பெறும் மாறுதல்களிலிருந்து வாயு மண்டலத்தின் உச்சியிலுள்ள மின் அடர்த்தியைக் கணக்கிட்டார்கள்.

325. அமெரிக்க நாட்டு விண்வெளிப் பயணங்களின் கால அட்டவணை

1958, சனவரி, 31: அமெரிக்காவின் முதல் செயற்கைக் கோள் எக்ஸ்புளோரர்-I விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது.

1960, ஏப்ரல், 1: வானிலை அறியும் முதலாவது செயற்கைக் கோள் டைரோஸ்-I விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது.

1960, ஏப்ரல், **13:** டிரான்சிட்-பி என்ற செயற்கைக்கோள் விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இது திசை காட்டும் கருவிகள் அடங்கியது. கப்பல்களுக்கும் விமானங்களுக்கும் திசைகாட்ட இது பயன்படுத்தக்கூடும்.

1960, ஆகஸ்டு, **12:** எக்கோ-I என்ற செயற்கைக்கோள் விண்வெளியில் ஏவப்பட்டது. இது செய்தி போக்குவரத்துச் செயற்கைக் கோள். இது இன்னும் விண்வெளிப் பாதையில் இயங்கி வருகிறது.

1961, மே, **5:** ஆலன். பி. செப்பர்டு என்ற விமானி ஃபிரீடம்-7 என்ற மெர்க்குரி விண்வெளிக் கப்பலில் பூமிக்குமேல் 115·6 மைல்கள் உயரே பறந்தார். இவர் அமெரிக்காவின் முதல் விண்வெளி விமானி ஆனார்.

1962, பிப்ரவரி, **20:** ஜான் -எச். கிளெண் என்ற விமானி ஃபிரெண்ட்ஷிப்-7 என்ற மெர்க்குரி விண்வெளிக் கப்பலில் பூமியை மூன்று தடவை சுற்றி வந்தார்.

1962, மார்ச், **7:** விண்வெளியில் கதிரவனின் சுழன்றுவரும் ஆய்வுக்கூடம் (Oscillating Solar Observatory) விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இது சூரிய வெடிப்புகளைப் பற்றிய பல தகவல்களைக் கொடுத்துள்ளது.

1962, ஏப்ரல், **23:** முதலாவது அனைத்துலகச் செயற்கைக்கோள் ஏவப்பட்டது.

1962, ஜூலை. **10:** டெல்ஸ்டார் என்ற தனியாருக்குச் சொந்தமான முதலாவது செயற்கைக்கோள் விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. மறுநாளே முதன்முறையாக இங்கிலாந்து அமெரிக்காவிற்கு டெலிவிஷன் அஞ்சல் செய்தது. இந்தச் செயற்கைக் கோள் போக்குவரவுத் துறையில் அழியாப் புகழ்பெற்றது.

1962, ஆகஸ்டு, **27:** மாரினர்-2 என்னும் விண்கலம் சுக்கிரனை நோக்கி ஏவப்பட்டது. 16 வாரப் பயணத்திற்குப் பிறகு சுக்கிரனை அருகில் பார்த்து மனிதனுக்குச் செய்திகள் அனுப்பியது.

1964, ஜூலை, **31:** ரேஞ்சர்-7 என்ற செயற்கைக் கோள் நிலாவின் மேற்பரப்பைப் படம் எடுத்தனுப்பியது.

1964, நவம்பர், 28: மாரினர்-4 என்ற விண்கலம் செவ்வாயை நோக்கிச் செலுத்தப்பட்டது.

1965, ஏப்ரல், 6: ஏர்லிபர்டு என்ற செயற்கைக்கோள் செலுத்தப் பட்டது. இது வணிக முறையில் இயங்கும் முதல் செய்திப் போக்கு வரவுச் செயற்கைக் கோளாகும்.

1965, ஜூன், 3: ஜெமினி-4 என்ற விண்வெளிக் கப்பலில் அமெரிக்க விண்வெளி விமானி உலா. எட்வார்டு எச். ஒயிட் கப்பலிலிருந்து வெளிவந்து விண்வெளியில் 22 நிமிடம் உலாவினர்.

1965, ஜூலை, 15: மாரினர்-4 என்ற செயற்கைக் கோள் ஏவப்பட்டது. இது செவ்வாய்க் கோளை நெருங்கி அதனைப் படம் பிடித்து பூமிக்கு அனுப்பியது.

1966, ஜூன், 2: சர்வேயர்-1. விண்வெளிக்கோள் நிலவில் மிக மெதுவாக இறங்கியது. நிலவின்மேல் பரப்பைப் படம் எடுத்து 11,000 படங்களைப் பூமிக்கு அனுப்பியது.

1966, ஆகஸ்டு, 10: லூனு ஆர்பிட்டர் என்ற விண்வெளிக் கோள் செலுத்தப்பட்டது. நிலவின் மேற்பரப்பைக் காட்டும் பல படங்களை இது அனுப்பியது.

1966, நவம்பர், 15: ஜெமினி-12 விண்வெளிக்கப்பல் பூமியை 59 சுற்றுகள் சுற்றியது.

1967, நவம்பர், 9: சாட்டர்ன்-5 விண்வெளியில் செலுத்தப் பட்டது. இது உலகிலேயே ஆற்றல் மிகுந்த ஏவுகணை. அமெரிக்கரை நிலவில் இறங்கச் செய்த ஏவுகணையாகும்.

1967, நவம்பர், 10: ஏ. டி. எஸ் என்ற தொழில் நுட்பச் செயற் கைக் கோள், பூமியின்மேல் 22,300 மைல்கள் உயரத்தில் ஓரிடத்தில் இருந்துகொண்டு பூமியை வண்ணப்படம் எடுத்தனுப்பியது.

1967, நவம்பர், 21: சர்வேயர் 3-4, விண்வெளியில் செலுத்தப் பட்டு கதிரவனின் கதிரியக்கம் பூமியை எவ்வாறு பாதிக் கிறது என்பது ஆராயப்பட்டது.

1967, டிசம்பர், 13: பயோனியர்-8 சூரியக் கதிர்வீச்சுகளைப் பற்றிய தகவல்கள் தந்து வரைபடம் தயாரிக்க உதவியது.

1968, சனவரி, 7 : சர்வேயர்-7 விண்வெளியில் ஏவப்பட்டது. சனவரி 10-ம் தேதி நிலவில் இறங்கி, தரமான படங்களை அனுப்பியது.

1968, அக்டோபர் 11 : அப்போலோ-7 விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இதில் 3 விண்வெளி வீரர்கள் பயணம் செய்தனர். இவர்கள் பூமியைச் சுற்றி 11 நாட்கள் தொடர்ந்து பறந்தனர்.

1968, டிசம்பர், 21 : அப்போலோ-8 விண்வெளியில் செலுத்தப் பட்டது. இதில் மூவர் நிலா மண்டலத்திற்குச் சென்று, நிலாவைப் பல சுற்றுகள் சுற்றிவிட்டு பூமிக்குத் திரும்பினர்.

1969, மார்ச்சு, 3: அப்போலோ-9 விண்வெளியில் ஏவப்பட்டது.

1969, மே, 18 : அப்போலோ-10 விண்வெளியில் செலுத்தப் பட்டது. இதில் மூவர் பயணம் செய்தனர்.

1969 ஜுலை, 16 : அப்போலோ-11-ல் மூவர் விண்வெளியில் பறந்து சென்று ஜுலை 21-ம் நாள் நிலாத் தரையில் அடி வைத்தனர். இந்த நாள் வரலாற்றுச் சிறப்பு வாய்ந்த நாளாகும்.

1969, நவம்பர், 14 :அப்போலோ-12 விண்வெளியில் செலுத்தப் பட்டது. அதில் சார்லஸ் கான்ராட், ஆலன் பீன், ரிச்சார்டு கார்டன் என்ற மூவர் பயணம் செய்தனர். நிலாத் தரையில் விஞ்ஞான ஆய்வுக் கருவிகள் அமைத்தார்கள். இவை ஓராண்டுக்காலம் இயங்கி விஞ்ஞானச் செய்திகளைப் பூமிக்கு அனுப்பின. இவர்கள் பூமிக்கு நிலாக்கற்களைக் கொண்டு திரும்பினர்.

1970, ஏப்ரல், 11 : அப்போலோ-13 பூமியை விட்டுப் புறவெளியில் தாவிற்று.

சோவியத் நாடும் நிலாப் பயணத்திலும் விண்வெளி ஆராய்ச்சியிலும் மிக்க ஆர்வம்கொண்டு பல அரிய செய்தற்கரிய விஞ்ஞானச் செயல்களைச் செய்து காட்டியுள்ளது. சிறப்பாக மனிதர்கள் ஏறிச்சென்ற அப்போலோ-11 என்ற அமெரிக்காவின் கலம் சாதித்த அதே சாதனையை மனிதர்கள் இல்லாத தானியங்கி சோவியத் விண்கலமான லூனா-16 சாதித்துள்ளது. அதில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்சாரத் தோண்டு கருவி, நிலாத் தரையைத்

தோண்டி, கற்களைச் சேகரித்து வந்துள்ளது. 1970, நவம்பர், 17-ம் தேதியன்று லூனு-17 நிலாவைச் சேர ஏவப்பட்டது. நவம்பர், 24-ம் தேதி நிலாவில் இறங்கியது. அதிலிருந்து ''லூனுகோட்'' (Lunakhod) என்ற எட்டுச் சக்கர வண்டி ஒன்று வெளியேவந்து நிலாத்தரையில் தவழ்ந்து சென்றது; நிலாத் தரையை ஆராய்ந்து பூமிக்குச் செய்திகள் அனுப்பியது; படங் களும் அனுப்பியது. இது ஒரு அரும்பெரும் விஞ்ஞான சாதனையே என்று சொன்னால் மிகைப்படாது.

மனிதனின் ஆற்றலே ஆற்றல்!

பின் சேர்க்கை — 1

கோள்களைப் பற்றிய விவரங்கள். அளவுகள், நிறை, அடர்த்தி, துணைக் கோள்கள்

பெயர்	சராசரி விட்டம்			கொள்ளளவு	நிறை	அடர்த்தி		துணைக் கோள்களின் எண்ணிக்கை
	தெரியக் கூடியது செகண்டுகளில்	உண்மையானது		பூமி = 1	பூமி = 1	பூமி = 1	நீர் = 1	
		கி. மீட்டரில்	பூமி = 1					
புதன்	13—4·7	4,840	0·38	0·055	0·056	0·70	5·6	—
வெள்ளி	64—10	12,150	0·95	0·870	0·814	0·88	5·15	—
பூமி	—	12,742	1·00	1·000	1·000	1·00	5·52	1
செவ்வாய்	25—3·5	6,770	0·53	0·150	0·108	0·72	3·97	2
வியாழன்	50—30·5	140,720	11·04	1·347	317·82	0·24	1·30	12
சனி	20·5—15	116,820	9·17	770	95·11	0·13	0·68	9
யுரேனசு	4·2—3·4	47,100	3·70	51	14·52	0·23	1 58	5
நெட்டியூன்	2·4—2·2	44,600	3·50	43	17·22	0·38	2·22	2
ப்ளுட்டோ	0 23	6,000	0·47	0·1	0·1	0·1	5 5	?

பின் சேர்க்கை - 2

தூரம், ஞாயிற்றைச் சுற்றுவது, தன்னைச் சுற்றிக் கொள்வது, ஈர்ப்பு

பெயர்	சராசரி தூரம்: பூமியின் தூரத்தை 1 எனக் கொண்டால்	சராசரி தூரம்: மில்லியன் கிலோ மீட்டர்களில்	சுற்றுப் பாதையின் ஒவிமையப் பிறழ்வு	ஞாயிற்றைச் சுற்ற ஆகும் காலப் (பூமி) ஆண்டுகளில்	சுற்றும் சராசரி வேகம் கி. மீ./வினாடி	தன் அச்சில் தன்னைத்தானே சுற்ற ஆகும் காலம்	சுற்றுப் பாதையின் தளத்துக்கு அதன் நடுவரையின் சாய்வுக் கோணம்	ஈர்ப்பு (பூமி=1)
புதன்	0·387	57·9	0·206	0·24	41·9	87நா·23ம·	7°?	0·38
வெள்ளி	0·723	108·1	0·007	0·62	35·00	220நா·	174°	0·88
பூமி	1·000	149 6	0·017	1·00	29·8	23ம· 56நி·	23°·27′	1·00
செவ்வாய்	1·524	227·9	0 093	1·88	24·1	24 – 37	25° 12′	0·39
வியாழன்	5·203	778	0·048	11·86	13·1	9—50	3° 6·9″	2 64
சனி	9·539	1427	0 056	29 46	9·6	10—14	26°·44′7	1·17
யுரேனசு	19·182	2870	0·047	84·02	6·8	10—42	98°	1·05
நெட்டியூன்	30·057	4496	0·009	164·78	5·4	15·48	29°	1·50
ப்ளூட்டோ	39·439	5910	0·250	247·7	4·7	6நா· 39	?	0·25

பின் சேர்க்கை — 3

வானியல் மாறிலிகள்

1. பூமியின் நடுவரை ஆரம் = 3963·45 மைல்கள்.
2. பூமியின் துருவங்களின் ஆரம் = 3950·1 மைல்கள்.
3. வானியல் அலகு = 93×10^{6} மைல்கள்.
4. திங்களின் நடுவரையில் புவிமையத் தோற்றப் பிழையின் மீப்பெரு மதிப்பு = 57′ 2″·7.
5. பூமியிலிருந்து திங்களின் சராசரித் தூரம் = 2,38,900 மைல்கள்.
6. ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு = 23° 27′ 8″ 26.
7. ஒளியின் வேகம் = 1,86,271 மைல்கள்/நொடி.
8. பின்னகர்ச்சியின் மாறிலி = 50″·2564.
9. அச்சலேவின் மாறிலி = 9″·21.
10. பிறழ்ச்சியின் மாறிலி = 20″·47.
11. ஓர் ஒளியாண்டு = 5878×10^{9} மைல்கள்.
    = 63,283 வானியல் அலகுகள்.
12. 1 பார்செக் = $19·18 \times 10^{10}$ மைல்கள்.
    = 3·26 ஒளியாண்டுகள்.
13. 1 மின் வழி நாள் = $23^{ம.}\ 56^{நி.}\ 4^{வி.}$ ·091 (ச. ஞா. நே.)
14. 1 ச. நா. நாள் = $24^{ம.}\ 3^{நி.}\ 56^{வி.}$ 55 ((மீ. வ. நே.)
15. ஒரு ஞாயிற்று வழி மாதம் = $29^{நா.}\ 12^{ம.}\ 44^{நி.}\ 2^{வி.}$ ·8 (ச. நா. அலகு).
16. ஒரு மின் வழி மாதம் = $27^{நா.}\ 7^{ம.}\ 43^{நி}\ 5^{வி.}$ (ச. நா. அலகு)
17. 1 பருவ ஆண்டு = 365·242199 நாட்கள் (ச. நா.)
18. ஒரு மீன் வழி ஆண்டு = 365·256360 நாட்கள் (ச. நா.)
19. அண்மை நிலையாண்டு = 365·259641 ச. நா. நாட்கள்.
20. பூமியின் நிறை = 598×10^{28} கிராம்கள்.
21. ஞாயிற்றின் நிறை = 2×10^{33} கிராம்கள்

பின் சேர்க்கை 4

விண்மீன்களைப் பொருத்த பட்டியல்

வரிசை எண்.	விண் மீன்	சார்ந்த கூட்டத்தின் பெயர்	வ. ஏ	ந. வி கோ.	ஒளித் தரம்
1.	α ஆண்டிரோ மீடா (உத்திரட்டாதி)	ஆண்டிரோ மீடா	$0^h\ 5^m$	28·46	2·15
2.	β காசியோபியா	காசியோபியா	0·6	58·49	2·42
3.	γ பெகாசிசு	பெகாசிசு	0·10	14·51	2·87
4.	α காசியோபியா	காசியோபியா	0·37	56·13	மாறி
5.	γ ,,	,,	0·53	60·24	,,
6.	δ ,,	,,	1·22	59 56	2·8
7.	β ஆண்டிரோ மீடா	ஆண்டிரோ மீடா	1·6	25 18	2·37
8.	ஆகிர்னர்	இரிடானசு	1·36	—57·32	0·6
9.	β அரியிடிசு (அசுவினி)	மேடம்	1·51	20·31	2·72
10.	ஆல்கால்	பெர்சியசு	3·4	40·44	மாறி
11.	α அரியிடிசு	மேடம்	2·4	23 12	2·23
12.	α பெர்சியசு	பெர்சியசு	3·20	49·35	1·9
13.	ஆல்டிபரான் (ரோகிணி)	ரிடபம்	4·33	16 24	1·06
14.	ரீகல்	ஓரியான்	5·12	—8·16	0·34
15.	கேபில்லா	ஔரிகா	5·12	45·56	0·21
16.	பீடல்காசு (திருவாதிரை)	ஓரியான்	5·52	7·24	மாறி
17.	கேனோபசு (அகத்தியர்)	கேரினே	6·23	—52·40	—0·86
18.	இரியசு (மிருகவ்யாதா)	பெருநாய் மண்டலம்	6·43	—16·38	—1·58
19.	காசுடர் (புஷ்யம்)	மிதுனம்	7·31	32·1	1·58
20.	போலக்சு (Pollex)	மிதுனம்	7^h42^m	28° 10′	1·21
21.	புரோசியான்	சிறுநாய் மண்டலம்	7·36	5·23	·48
22.	ரெகுலசு (மகம்)	சிம்மம்	10·5	12·15	1·34

பின் சேர்க்கை 4—(தொடர்ச்சி)

விண்மீன்களைப் பொருத்த பட்டியல்

வரிசை எண்.	விண்மீன்	சார்ந்த கூட்டத்தின் பெயர்	வ. ர.	ந.வி கோ.	ஒளித் தரம்
23.	β அர்சாமைசாரிசு	பெருங்கரடி மண்டலம்	10·58	56·42	2·44
24.	α அர்சாமெசாரிசு	,,	10·58	62·4	1·95
25.	γ அர்சாமெசாரிசு (அத்ரி)	,,	11·51	54·1	2·54
26.	தினிபோலா (உத்திரம்)	சிம்மம்	11·46	14·54	2·23
27.	ஆக்ரமசு (விசுவாமித்திரர்)	கிரக்சு	12·23	—62·46	1·58
28.	மிசார் (வசிச்டர்)	பெருங்கரடி மண்டலம்	13·22	55·14	2·4
29.	சுபைகா (சித்திரை)	கன்னி	13·22	—10·51	1·21
30.	β சென்டாரி	சென்டாரசு	14	—60·5	0·86
31.	α ,,	,,	14·36	—60·36	0 33
32.	ஆர்க்டரசு (சுவாதி)	பூட்சு	14·13	19·29	0·24
33.	அண்டாரசு (கேட்டை)	விருச்சிகம்	16·26	—26·18	1·22
34.	வீகா (அபிசித்)	லைரா	18·35	38 44	—0·14
35.	ஆல்டேர் (திருவோணம்)	அச்விலா	19·48	8 43	0·89
36.	டீனிப்	சைக்னசு	20 39	45·4	1·33
37.	ஃபோமல்காட்	பிச்சு ஆச்ட் ராலிசு	22 54	—29·56	1·29

பின் சேர்க்கை — 5

கோள்களின் தொலைவுகளும், சுற்றுக் காலங்களும்

வரிசை எண்	பெயர்	ஞாயிற்றிலிருந்து சராசரித் தூரம்			சுழற்சிக் காலம்	
		போ. வி.	வா. அ.	மி. மை.	மீ. வ.	ஞா. வ.
					நா.	நா.
1.	புதன்	0·4	0·39	36	88	116
2.	வெள்ளி	0·7	0·72	67	225	584
3.	பூமி	1·00	1 00	93	365¼	—
4.	செவ்வாய்	1·6	1·52	142	687	780
5.	சீரீஸ்	2·8	2·77	257	5 ஆ.	467
6.	வியாழன்	5·2	5·20	483	12	399
7.	சனி	10·00	9·54	886	29	378
8.	யுரேனசு	19·6	19·19	1782	84	370
9.	நெப்டியூன்	38·8	30·07	2793	165	367
10.	புளூட்டோ	77·2	39·46	3670	248	367

போ. வி. = போடின் விதிப்படி

வா. அ. = வானியல் அலகுகள்

மி. மை. = மில்லியன் மைல்களில்

மீ. வ. = மீன் வழி

ஞா. வ. = ஞாயிற்று வழி

நா = நாட்கள்.

ஆ. = ஆண்டுகள்.

வானியலில் மாறிலிகள்

1.	கதிரவனின் 'ஞாயிற்றுமையத் தோற்றப்பிழை	8"·80.
2.	அச்சலைவுக்கெழு	9"·21.
3.	ஆண்டு பொதுப் பின்னகர்ச்சி	50" 27.
4.	பிறழ்ச்சிக் கெழு	20"·47.
5.	ஞாயிற்றுத் தோற்றப் பாதையின் சாய்வு	23° 26′ 45".
6.	மீன்வழி நாள்	23ம. 56நி. 4வி 091 (ச. நா. நேரப்படி)
7.	ஞாயிற்று வழி மாதம்	29நா. 12ம. 44நி. 2வி. ·8.
8.	மீன்வழி மாதம்	27நா. 7ம. 43நி. 11வி. ·5.
9.	பருவ ஆண்டு	365நா. 5ம. 48நி. 46வி.
10.	மீன்வழி ஆண்டு	365நா. 6ம. 9நி. 10வி.

(1950-ம் ஆண்டின் அமெரிக்க நாட்குறிப்பிலிருந்தும் நாவிகப் பஞ்சாங்கத்திலிருந்தும், எடுக்கப்பட்டவை).

மேற்கோள் நூல்கள் பட்டியல்

Bibliography

1. விஞ்ஞான விளக்கம் — ஆசிரியர் :
திரு. G. R. தாமோதரன்
(கலைக் கதிர் வெளியீடு)

2. வான்வெளி — கலைக்கதிர் வெளியீடு
ஆசிரியர் :
டாக்டர் ஹோமர் நெவல்
தமிழாக்கம் : திரு. காப்டன்
தி. அ. கருப்பணன்

3. கலைக் கதிர்
மாத இதழ்கள் — ஆசிரியர் :
திரு. G. R. தாமோதரன்

4. வானியல் (முதல்,
இரண்டாம்
புத்தகங்கள்) — ஆசிரியர்கள் :
(1) திரு. தி. கோவிந்தராசன்
(2) திரு. கோ. முத்துசாமி

5. நம்மைச் சுற்றியுள்ள
பேரண்டம் — ஆசிரியர் : ஸர். ஜேம்ஸ் ஜீன்ஸ்
தமிழாக்கம் :
திரு. தி. வி. லட்சுமி நரசிம்மன்

6. Astronomy — *Thiru. G. V. Ramachandran*

7. A Text book of
Astronomy — *Thiru. Kumaravelu and
Tmt. Susheela Kumaravelu*

8. Popular Astronomy — *Thiru. V. Thiruvenkatachalam*

9. Thousand one questions answered about Astronomy — *James S Pickering*

10. Astronomy — *Robert H. Baker*, Ph.D.

11. Discovering the
Universe — *Bernard and
Joyce Lovell*

12. Radio Astronomy — *Nigel Calder*

13. History of Astronomy — *Abbetti*

14. Text book of Astronomy — *Subramania Iyer*

15. The nature of Universe — *Fred Hoyle*

16. Space Physics and Radio Astronomy — *H. Messel and S. T. Butler*

17. Spherical Astromony — *Gorakh Prasad*

18. Foundations of Astronomy — *Smart*

19. A Text book of General Astronomy — *Spencer Jones*

20. Scientific American — ...

21. Larouse Encyclopedia of Astronomy — *Lucien Rudaux and G. De Vancouleurs*

22. Sky and Telescope — *(Monthly magazine)*

23. The Solar system and its orgin — *Henry Norris Russell*

24. Star Atlas — *Arthur P. Norton*

25. Introducing the Constellations — *H. Baker*

கலைச் சொற்கள்

A

Aberration — பிறழ்ச்சி
Aberration annual — ஆண்டு இயக்கப் பிறழ்ச்சி
Aberration chromatic — நிறப் பிறழ்ச்சி
Aberration coefficient of — ஒளிப் பிறழ்ச்சிக் கெழு
Aberration constant of — ஒளிப் பிறழ்ச்சி மாறிலி
Aberration diurnal — தின இயக்கப் பிறழ்ச்சி
Aberration of light — ஒளிப் பிறழ்ச்சி
Absolute — தனி
Absolute magnitude of stars — விண்மீன்களின் தனி ஒளித்தரம்
Absolute motion — தனி இயக்கம்
Absolute value — தனி மதிப்பு
Absolute velocity — தனி வேகம்
Absorption spectrum — உட்கவர் நிறமாலை
Acceleration — முடுக்கம்
Acceleration angular — கோண முடுக்கம்
Acceleration radial — ஆரை முடுக்கம்
Acceleration transvere — குறுக்கு முடுக்கம்
Acceleration uniform — சீர்முடுக்கம்
Acceleration variable — மாறு முடுக்கம்
Acceleration due to gravity — ஈர்ப்பு முடுக்கம்
Achromatic telescope — நிறப் பிறழ்ச்சி நீக்கிய தொலை நோக்கி
Adjacent — அடுத்துள்ள
Adjacent angle — அடுத்துள்ள கோணம்
Adjacent side — அடுத்துள்ள பக்கம்
Age of the moon — திங்களின் வயது
Aldebaran — உரோகிணி

Algol	—	பரணி
Almanac	—	பஞ்சாங்கம்
Almanac nautical	—	மாலுமிப் பஞ்சாங்கம்
Altair	—	திருவோணம்
Altazimuth	—	திசை உயரமானி
Alternate angle	—	ஒன்றுவிட்ட கோணம்
Altitude	—	கோணவேற்றம்
Altitude of celestial pole	—	வானதுருவத்தின் கோண வேற்றம்
Analysis	—	பகுப்பாய்வு
Angle	—	கோணம்
Angle complementary	—	நிரப்புக்கோணம்
Angle eccentric	—	மைய வகற்சிக் கோணம்
Angle right	—	செங்கோணம்
Angle supplementary	—	மிகை நிரப்புக் கோணம்
Angle spherical	—	கோளக்கோணம்
Angle of dip	—	தாழ்வுக்கோணம்
Angle of incidence	—	படுகோணம்
Angle of refraction	—	கோட்டக்கோணம்
Angular diameter	—	கோணவிட்டம்
Angular distance	—	கோணத்தொலைவு
Angular velocity	—	சுழல் வேகம், கோண வேகம்
Annual parallax (heliocentric or stellar)	—	ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை
Annular eclipse of the sum	—	ஞாயிற்றின் வளைய மறைவு, நடு மறைவு
Anomaly	—	நெறிப் பிறழ்ச்சி
Anomaly eccentric	—	மையவகற்சி நெறிப்பிறழ்ச்சி
Anomaly true	—	இயல்பு நெறிப் பிறழ்ச்சி
Anomaly mean	—	சராசரி நெறிப் பிறழ்ச்சி
Anomalistic year	—	அண்மை நிலையாண்டு
Antartic circle	—	தென்துருவ வட்டம்
Anticlockwise	—	இடஞ்சுழியாக
Anti-podal	—	எதிர்த் துருவ
Apex	—	உச்சி
Apex of the earth's way	—	புவிவழியின் முனை
Apex (solar)	—	ஞாயிற்று உச்சி
Aphelion	—	பூமியின் சேய்மை நிலை
Apogee	—	ஞாயிற்றின் சேய்மை நிலை

Apparant — தோற்ற
Apparant position — தோற்ற நிலை
Apparant distance — தோற்றத் தூரம்
Apparant magnitude — தோற்ற அளவு
Apparant magnitude of a star — விண்மீனின் தோற்ற ஒளித் தரம்
Apparant midnight — தோற்ற நள்ளிரவு
Apparant movement — தோற்ற அசைவு
Apparant noon — தோற்ற நண்பகல்
Apparant orbit of the sun — ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதை
Apparant solar time — தோற்ற ஞாயிற்று நேரம்
Apparant solar day — தோற்ற ஞாயிற்று நாள்
Apparant sun — தோற்ற ஞாயிறு
Approximate — தோராயமான
Arbitrary — யாதாமொரு
Arc — வில்
Arc lamp — வில் விளக்கு
Arc major — பெரு வில்
Arc minor — சிறு வில்
Arctic circle — வடது நுவ வட்டம்
Arcturus — சுவாதி விண்மீன்
Area of a lune — பிறைப் பரப்பளவு
Areal velocity — பரப்பளவு வேகம்
Aries — மேடம், மேடராசி
Aries first point of — மேட முதற்புள்ளி
Assumption — தற்கோள்
Astroid — சிறுகோள்
Astronomy — வானியல்
Astronomical mean sun — வானயல் சராசரி ஞாயிறு
Astronomical refraction — வான ஒளிக்கதிர்கோட்டம்
Atmosphere — வளி மண்டலம்
Atomic spectrum — அணு நிறமாலை
Atom-ionised — மின்னூட்டம் பெற்ற அணு
Auroraborealis — துருவ ஒளி
Autumn — இலையுதிர் காலம்
Autumnal equinox — இலையுதிர் புள்ளி
Auxiliary circle — துணைவட்டம்
Axis — அச்சு
Axis major — பேரச்சு, நெட்டச்சு
Axis minor — சிற்றச்சு, குற்றச்சு

Axis of rotation — சுழலச்சு
Azimuth — திசை வில்

B

Band of light — ஒளிக்கற்றை
Bimodal — இரு முகட்டு
Binary stars — இணை விண்மீன்கள்
Binaries, eclipsing — மறைக்கக் கூடிய இணை விண்மீன்கள்
Binaries, true — இயல் இணை விண்மீன்கள்
Binaries, visual — தோற்ற இணை விண்மீன்கள்
Bob — ஊசற்குண்டு

C

Calculate — கணக்கிடு
Calendar — பஞ்சாங்கம்
Canals of mars — செவ்வாயின் கால்வாய்கள்
Cancer — கடகம்
Cancer tropic of — கடகக்கோடு
Canis major — பெருநாய் மண்டலம்
Canis minor — சிறுநாய் மண்டலம்
Canopus — அகத்தியர்
Capricorn, tropic of — மகரக்கோடு
Cardinal points — திசைப் புள்ளிகள்
Castor — புனர்பூசம் (மிதுனம்)
Celestial axis — வான அச்சு
Celestial coordinates — வானக் கூறுகள்
Celestial equator — வான நடுவரை
Celestial horizon — தொடுவானம்
Celestial latitude — வான அகலாங்கு
Celestial longitude — வான நெட்டாங்கு
Celestial meridian — வான உச்சி விட்டம்
Celestial pole — வானத்துருவம்
Celestial sphere — வானக்கோளம்
Central — மையமான, நடுவான
Central orbit — மையவொழுக்கு
Centre — மையம்
Centre of gravity — ஈர்ப்பு மையம்
Centre of orbit — ஒழுக்கு மையம்

Centrifugal force — மையவிட்டோடும் விசை
Chart — வரைபடம்
Characteristic line — சிறப்பியல் வரி
Chromosphere — செந்நிறப்புரை
Chromosphere solar — ஞாயிற்றின் செந்நிறப்புரை
Chronograph — கால வரைபடம்
Chronometer — கிரீனிச் கடிகாரம்
Chromatic aberration — நிறப்பிறழ்ச்சி
Circle — வட்டம்
Circle auxiliary — துணை வட்டம்
Circle concentric — பொதுமைய வட்டம்
Circle great — பெருவட்டம்
Circle small — சிறுவட்டம்
Circular orbit — வட்டவொழுக்கு
Circumpolar stars — மறையா விண்மீன்கள்
Civil year — நிர்வாக ஆண்டு
Clock, celestial — வானக்கடிகாரம்
Clockwrise — வலஞ்சுழியாக
Cluster of stars — விண்மீன் திரள்
Cluster variables — விண்மீன் திரள் மாறிகள்
Coefficient — குணகம், கெழு
Colure — வானதுருவ வட்டம்
Collimeter — இணையாக்கி
Comet — வால் விண்மீன்
Complement — நிரப்பி
Complementary angle — நிரப்புக் கோணம்
Component — கூறு
Concentric — பொதுமையமுள்ள
Concentric circles — பொதுமைய வட்டங்கள்
Condition — நிபந்தனை
Condensation — செறிவு, சுருக்கம்
Cone — கூம்பு
Conjunction — ஒரு திசைநிலை
Conjunction inferior — அண்மை ஒரு திசைநிலை
Conjunction superior — சேய்மை ஒரு திசைநிலை
Consecutive — அடுத்தடுத்து
Constant — மாறிலி
Constellation — விண்மீன் மண்டலம்
Continuous spectrum — தொடர் நிறமாலை
[illegible]na — ஒளிர் மகுடம்

Coronograph — ஒளிவளைய வரையி
Counter clock urisc — இடஞ்சுழியாக
Crab nebula — நண்டு விண்மீன் படலம்
Cycle — வட்டமான

D

Dark nebula — கரிய விண்மீன் படலம்
Date line — தேதி வரை
Date line international — உலகத் தேதி வரை
Day — நாள்
Day apparant solar — ஞாயிற்றுவழித் தோற்ற நாள்
Day mean solar — ஞாயிற்றுவழிச் சராசரி நாள்
Day sidereal — மீன்வழி நாள்
Day solar — ஞாயிற்று வழிநாள்
Declination — நடுவரை விலக்கம்
Declination circle — நடுவரைக் குத்துவட்டம்
Define — வரையறு
Definition — வரையறை
Degree — பாகை
Density — அடர்த்தி
Describe — விளக்கிக்கூறு
Diameter — விட்டம்
Diameter angular — கோண விட்டம்
Differance — வேறுபாடு
Dimension — அளவு
Dip — தொடுவானத் தாழ்வு
Direct — நேரான
Direct common tangent — நேர்ப்பொதுத் தொடுகோடு
Direction — திசை
Disc — தட்டு
Dispersion — நிறப்பிரிகை
Distance — தூரம், தொலைவு
Discrete source — தனிச் சிறப்பான தோற்றுவாய்
Diurnal motion — தினசரி இயக்கம்
Diurnal path — தினசரிப்பாதை
Double star — இரட்டை விண்மீன்கள்
Dwarf stars — குறு விண்மீன்கள்
Dynamical mean sun — மறைவு வட்டச் சராசரி ஞாயிறு

E

Ear phone — காதொலிக்கருவி
Earth axis — புவியச்சு
Earth shine — புவி ஒளி
Earth's zones — புவியின் மண்டலங்கள்
Earth's frigid zone — உறைபனி மண்டலம்
Earth's temperate zone — மிதவெப்ப மண்டலம்
Earth's tropic zone — வெப்ப மண்டலம்
Eccentric angle — மையவகற்சிக்கோணம்
Eclipse — மறைப்பு
Eclipse annular — நடு மறைப்பு, வளைய மறைப்பு
Eclipse lunar — திங்கள் மறைப்பு
Eclipse partial — குறை மறைப்பு
Eclipse solar — ஞாயிறு மறைப்பு
Eclipse total — முழு மறைப்பு
Ecliptic — ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை
Ecliptic obliquity of the — ஞாயிற்றின் தோற்றப் பாதையின் சரிவு
Ecliptic limits — மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic limits major — மீப்பெரு மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic limits minor — மீச்சிறு மறைப்பு வரம்புகள்
Edge — விளிப்பு
Elements — தனிமங்கள்
Ellipse — நீள் வட்டம்
Electromagnetic wave — மின்காந்த அலைகள்
Elliptic orbit — நீள் வளையவொழுக்கு
Elongation — திசை விலக்கம்
Emission spectrum — வெளிவிடு நிறமாலை
Energy — ஆற்றல்
Equal — சமம்
Equation — சமன்பாடு
Equation of time — காலக் குறைநிறை சமன்பாடு
Equator — நடுவரை
Equator plane of — நடுவரைத் தளம்
Equatorial — நடுவரைத் தொலைநோக்கி
Equatorial mounting — நடுவரை ஏற்றம்
Equinox — சம இரவுப்புள்ளி
Equinox vernal — மேட முதற்புள்ளி (வேனிற் சம இரவுப் புள்ளி)

Equinox autumnal — இலையுதிர் புள்ளி (மாரிச் சம இரவுப் புள்ளி)
Equinox precession of — சம இரவுப் புள்ளியின் பின்னகர்ச்சி
Error — பிழை
Eye-piece of telescpope — தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு வில்லை

F

First point of Aris — மேட முதற்புள்ளி
Fluid — பாய்பொருள்
Focus — குவியம்
Foot — அடி
Foot of perpendicular — செங்குத்தினடி
Force — விசை
Formula — வாய்பாடு
Frequency — அதிர்வெண்
Frizid zone — உறைபனி மண்டலம்
Function — சார்பு

G

Galactic equator — அண்ட நடுவரை
Galaxy — அண்டம்
Gemini — மிதுனம்
Giant stars — மீப்பெரு விண்மீன்கள்
Golden number — பொன் எண்
Graph — வரை படம்
Gravitation — ஈர்ப்பு
Gravitational force — ஈர்ப்புவிசை, ஈர்ப்பாற்றல்
Gravitation, Newton's laws of— நியூட்டனின் ஈர்ப்பு விசை விதிகள்
Gravity — புவியீர்ப்பு
Gravity, centre of — ஈர்ப்பு மையம்
Grating — கீற்றணி
Great bear — பெருங்கரடி மண்டலம்
Great circle — பெருவட்டம்
Gyroscope — சுழல் கருவி

H

Half	—	அரை
Halley's comet	—	கேலியின் வால் விண்மீன்
Harvest moon	—	அறுவடை முழுமதி
Heliometer	—	விட்டளவுக் கருவி
Hemisphere	—	அரைக்கோளம்
Horizon	—	தொடுவானம்
Hour angle	—	நேரக்கோணம்
Hunter's moon	—	வேடுவர் முழுமதி
Hydrogen	—	நீரகம்

I

Incandescence	—	வெண்சுடர் நிலை
Inclination	—	சாய்வு
Inclination of an orbit	—	ஒழுக்கின் சாய்வு
Indigo	—	கருநீலம்
Indian standard time	—	இந்திய நியம நேரம்
Intra-red	—	அகச்சிவப்பு
Integer	—	முழுவெண்
Interpolation	—	இடைச்செருகல்
Interterometer	—	குறிக்கீட்டுமானி
International date line	—	உலகத் தேதிவரை
Interval	—	இடைவெளி
Inverse	—	நேர்மாருன
Ion	—	அயனி
Irregular	—	ஒழுங்கற்ற
Is equal to	—	சமம்

J

Jupiter	—	வியாழன்

K

Kepler's laws	—	கெப்ளரின் விதிகள்

L

Lakh	—	இலட்சம்
Latitude	—	அகலாங்கு
Latitude celestial	—	வான அகலாங்கு
Latitude terrestrial	—	புவி அகலாங்கு

Law	—	விதி
Laws of motion, Newton's	—	நியூட்டனின் இயக்க விதிகள்
Leap year	—	நெட்டாண்டு
Libra	—	துலாம்
Libra point	—	துலாப்புள்ளி
Libration	—	அசைவு
Libration diurnal	—	தினசரி அசைவு
Libration in latitude	—	தென்வட அசைவு
Libration in longitude	—	கீழ்மேல் அசைவு
Light	—	ஒளி
Light year	—	ஒளியாண்டு
Limit	—	எல்லை, வரம்பு
Line	—	கோடு, வரை
Line straight	—	நேர்கோடு
Local time	—	ஊர்ப்பொழுது
Locus	—	நியமப்பாதை
Longitude	—	நெட்டாங்கு
Longitude geographical	—	புவி நெட்டாங்கு
Longitude celestial	—	வான நெட்டாங்கு
Lunation	—	மதிமாதம், திங்கள்
Lune	—	பிறைவடிவம், பிறை

M

Magnetic storms	—	காந்தப் புயல்
Magnification	—	உருப்பெருக்கம்
Magnitude	—	பருமன், அளவு
Magnitude visual	—	தோற்ற ஒளித்தரம்
Major arc	—	பெருவில்
Major axis	—	நெட்டச்சு, பேரச்சு
Mars	—	செவ்வாய்
Mass	—	திணிவு
Mass centre of	—	திணிவு மையம்
Mathematics	—	கணிதம்
Mean	—	சராசரி
Mean distance	—	சராசரித் தொலைவு
Mean noon	—	சராசரி நண்பகல்
Mean sun	—	சராசரி ஞாயிறு
Mean midnight	—	சராசரி நள்ளிரவு
Medium	—	ஊடகம்
Mercury	—	புதன்

Meridian — உச்சி வட்டம்
Meridian circle — உச்சிவட்டத் தொலைநோக்கி
Meteor — எரிமீன், வீழ்மீன்
Meteorites — விண்கற்கள்
Metonic cycle — மெட்டன் காலவட்டம்
Microscope — நுண்ணோக்கி
Mile — மைல்
Milky way — பால்வழி
Minor arc — சிறு வில்
Minor axis — குற்றச்சு
Minute (angle) — கலை (கோணம்)
Minute (time) — நிமிடம் (நேரம்)
Molecule — மூலக்கூறுகள்
Month — மாதம்
Moon — திங்கள், மதி
Moon crescent — பிறை மதி
Moon dichotomised — அரை மதி
Moon full — முழு மதி
Moon gibbous — குமிழ்மதி
Moon new — இருள் மதி
Moon plase of — திங்களின் பிறையளவு
Moon rise, retardation of — திங்கள் தோற்றத்தின் பிற்போக்கு
Motion — இயக்கம்
Motion annual — ஆண்டியக்கம்
Motion direct — நேரியக்கம்
Motion diurnal — தினசரி இயக்கம்
Motion relative — சாரியக்கம்
Motion retrograde — வலஞ்சுழி இயக்கம்
Motion uniform — சீரியக்கம்

N

Nadir — வான நேர்கீழ்ப்புள்ளி
Nautical almanac — மாலுமிப் பஞ்சாங்கம், நாவிகப் ! ஞ்சாங்கம்
Nearly — ஏறக்குறைய
Nebulae — ஒண்முகிற் படலம்
Nebulae diffuse — பரந்த ஒண்முகிற் படலம்
Nebulae planetary — கோள் ஒண்முகிற் படலம்

Nebulae spiral — சுருள் ஒண்முகிற் படலம்
Negative — குறை, எதிர்
Node — கோள்சந்தி
Node ascending — ஏறு கோள்சந்தி
Node descending — இறங்கு கோள்சந்தி
Normal acceleration — செங்குத்து முடுக்கம்
Normal velocity — செங்குத்து வேகம்
North pole — வடதுருவம்
Nova — ஒளிர் மீன்
Nutation — அச்சலைவு

O

Oblate spheroid — சிற்றச்சுக் கோளவுரு
Obliquity — சாய்வு, சரிவு
Observation — கண்டறிதல்
Observatory — வானாராய்ச்சி நிலையம்
Occultation — மறைப்பு
Opposition — எதிர்த் திசைநிலை
Orange — செம்மஞ்சள்
Orbit — ஒழுக்கு
Orbit circular — வட்டவொழுக்கு
Orbit elliptical — நீள்வளைய வொழுக்கு
Oscillation — அலைவு
Oscillation centre of — அலைவு மையம்

P

Parsec — பரசெகு
Parabola — பரவளைவு
Parallax, geocentric — புவிமையத் தோற்றப்பிழை
Parallax, heliocentric / stellar / annual — ஞாயிற்று மையத் தோற்றப் பிழை
Parallax horizontal — தொடுவானத் தோற்றப் பிழை
Partial eclipse — குறை மறைவு
Path — பாதை
Pendulum — ஊசலி
Pendulum bob of — ஊசற்குண்டு
Penumbra — புறநிழல்
Percent — நூற்று வீதம்

Period — காலம், கால்வட்டம்
Period of oscillation — அலைவுக்காலம்
Period of planets — கோள்களின் சுற்றுக் காலம்
Period of revolution — சுற்றுக் காலம்
Period of rotation — சுழற்சிக் காலம்
Perpetual day — முற்றும் பகல் காலம்
Perpetual night — முற்றும் இரவு காலம்
Phase of the moon — திங்களின் பிறையளவு
Phosphorescence — நின்றொளிர்தல்
Photographic magnitude — ஒளிவரைத் தரம்
Photosphere — ஒளிப்புரை
Plane — தளம்
Plane horizontal — இடைத்தளம்
Plane of motion — இயக்கத்தளம்
Plane of oscillation — ஊசற்தளம்
Plane of rotation — சுழல் தளம்
Planet — கோள்
Planet inferior — உட்கோள்
Planet superior — புறக்கோள்
Planet major — பெருங்கோள்
Planetary motion — கோளியக்கம்
Planetary system — கோள் தொகுதி
Pointer — காட்டி
Points, cardinal — நாற்றிசைப் புள்ளிகள்
Polar caps — துருவ பரப்புகள்
Polar triangle — துருவ முக்கோணம்
Pole — துருவம், அச்சுமுனை
Pollux — மிதுனம்
Precession — பின்னகர்ச்சி
Precession of equinoxes — சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி
Pressure — அழுத்தம்
Primary circle — முதனிலை வட்டம்
Prime vertical — முதனிலைக் குத்துவட்டம்
Principle — தத்துவம்
Prism — முப்பட்டகம்

Q

Quadrature — அரைப் பிறைநிலை

R

Radial acceleration — ஆரை முடுக்கம்
Radial velocity — ஆரை வேகம்
Radiation — கதிரியக்கம்
Radian — ஆரையன்
Radian measure — ஆரையன் அளவு
Radio signal — ரேடியோ சைகைகள்
Radius — ஆரை, ஆரம்
Refraction — கோட்டம்
Refraction astronomical — வான ஒளிக்கதிர் கோட்டம்
Refraction constant of — ஒளிக்கோட்டுக்கெழு
Refraction of light — ஒளிக்கதிர் கோட்டம்
Relative angular velocity — சார்கோண வேகம்
Relative acceleration — சார்முடுக்கம்
Relative motion — சாரியக்கம்
Relative velocity — சார்வேகம்
Relativity, principle of — சார்ச்சித் தத்துவம்
Resolving power — பகுதிறன்
Retardation — எதிர் முடுக்கம்
Retrograde — பிற்போக்கு
Right ascension — வலஏற்றம்
Ring — வளையம்
Rings of saturn — சனியின் வளையங்கள்
Rotation — சுழற்சி
Rotation of the earth — பூமியின் சுழற்சி
Rotation peroid of — சுழற்சிக்காலம்

S

Sagittarius — தனுசு
Saros — மறைப்புக் காலவட்டம்
Satellite — துணைக்கோள்
Scorpio — விருச்சிகம்
Seasons — பருவங்கள்
Second (angle) — விகலை
Second (Time) — விஞடி
Secondaries — துணைக்குத்து வட்டங்கள்
Section, cross — வெட்டுமுகம்
Semi axes — அரை அச்சுகள்
Semi circle — அரைவட்டம்

Semi diameter — அரை விட்டம்
Setting — மறைதல்
Sextant — கோணமானி
Shadow cone — நிழற்கூம்பு
Sidereal — மீன்வழி
Sidereal period of planets — கோள்களின் மீன்வழிச் சு காலம்
Sidereal time — மீன்வழி நேரம்
Signs of the zodiac — இராசிகளின் அடையாளங்
Slit — பிளவு
Small circle — சிறுவட்டம்
Solar eclipse — ஞாயிறு மறைப்பு
Solar eclipse annular — ஞாயிற்றின் வளைய மறைப்
Solar eclipse total — ஞாயிற்றின் முழு மறைப்பு
Solar flares — ஞாயிற்றின் தீக்கொழுந்து
Solar system — ஞாயிற்றுக் குடும்பம்
Solar time — ஞாயிற்று வழிக்காலம்
Solar time, apparent — ஞாயிற்று வழித் தோற்றக் காலம்
Solar time, mean — சராசரி ஞாயிற்று வழிக்கா
Solstice — ஞாயிற்றுத் திருப்ப நிலை
Solstice summer — கோடைத் திருப்பநிலை
Solstice winter — மாரித் திருப்பநிலை
Source — தோற்றுவாய், பிறப்பிடம்
Space — வெளி
Spectrum — நிறமாலை
Spectroscope — நிறமாலையியல்
Spectrometer — நிறமாலைமானி
Speed — வேகம்
Sphere — கோளம்
Spherical triangle — கோள முக்கோணம்
Spherical trigonometry — கோள திரிகோண கணிதம்
Spiral arm — சுருள் கை
Spring — இளவேனில்

